lehramt-informatik

Hermine Bschlangaul *

August 18, 2021

Contents

1 Klassen **3**
1.1 Vorlage Theorie-Teil . . . 4
1.2 Vorlage Aufgabensammlung . . . 5
1.3 Vorlage Aufgabe . . . 6

2 Pakete **7**
2.1 aufgaben-einbinden.sty . . . 8
2.2 aufgaben-titel.sty . . . 9
2.3 automaten.sty . . . 10
2.3.1 Endlicher Automat . . . 10
2.3.2 Kellerautomat . . . 12
2.3.3 Turingmaschine . . . 13
2.4 basis.sty . . . 16
2.5 baum.sty . . . 20
2.5.1 Binärbaum . . . 21
2.5.2 AVL-Baum . . . 22
2.5.3 B-Baum . . . 23
2.6 checkbox.sty . . . 24
2.7 chomsky-normalform.sty . . . 25
2.8 cpm.sty . . . 27
2.8.1 Hilfsmakros für Zeitpunkt-Tabelle . . . 28
2.9 cyk-algorithmus.sty . . . 30
2.10 entwurfsmuster.sty . . . 31
2.10.1 Abstrakte Fabrik . . . 31
2.10.2 Adapter . . . 32
2.10.3 Beobachter . . . 33
2.10.4 Dekorierer . . . 34
2.10.5 Einzelstück . . . 35
2.10.6 Erbauer . . . 36
2.10.7 Fabrikmethode . . . 37
2.10.8 Kompositum . . . 38
2.10.9 Modell-Präsentation-Steuerung . . . 39
2.10.10 Zustand . . . 40
2.11 er.sty . . . 42
2.12 formale-sprachen.sty . . . 44
2.13 formatierung.sty . . . 48
2.13.1 Schriftarten / Typographie . . . 48
2.13.2 Farben . . . 48
2.13.3 Überschriften . . . 48
2.13.4 Listen . . . 48
2.13.5 Kasten . . . 48
2.13.6 Header . . . 48

*E-mail: hermine.bschlangaul@gmx.net

2.14 gantt.sty . . . 49
2.15 grafik.sty . . . 50
2.16 graph.sty . . . 51
2.17 hanoi.sty . . . 53
2.18 komplexitaetstheorie.sty . . . 54
2.19 kontrollflussgraph.sty . . . 56
2.20 literatur-dummy.sty . . . 58
2.21 literatur.sty . . . 59
2.22 makros.sty . . . 60
2.23 master-theorem.sty . . . 64
2.24 mathe.sty . . . 68
2.25 minimierung.sty . . . 69
2.26 normalformen.sty . . . 72
2.27 petri.sty . . . 74
2.28 potenzmengen-konstruktion.sty . . . 76
2.29 pseudo.sty . . . 78
2.30 pumping-lemma.sty . . . 79
2.31 quicksort.sty . . . 80
2.32 relationale-algebra.sty . . . 83
2.33 rmodell.sty . . . 84
2.34 sortieren.sty . . . 85
2.35 spalten.sty . . . 87
2.36 struktogramm.sty . . . 88
2.37 syntax.sty . . . 89
2.38 syntaxbaum.sty . . . 91
2.39 synthese-algorithmus.sty . . . 92
2.40 tabelle.sty . . . 95
2.41 typographie.sty . . . 96
2.42 uml.sty . . . 97
2.43 vollstaendige-induktion.sty . . . 99
2.44 wasserfall.sty . . . 100
2.45 wpkalkuel.sty . . . 101

3 Index **102**

1 Klassen

1.1 Vorlage Theorie-Teil

```
\documentclass{lehramt-informatik-haupt}

\begin{document}

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Theorie-Teil
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

\chapter{Thema des Theorie-Teils}

\literatur

\end{document}
```

1.2 Vorlage Aufgabensammlung

```
\documentclass{lehramt-informatik-haupt}
\liLadeAllePakete

\begin{document}
\liAufgabe{30_AUD/06_Graphen/20_Dijkstra/Aufgabe_Graph-A-I}
\liAufgabe{30_AUD/06_Graphen/20_Dijkstra/Aufgabe_Graph-M-A-P-R-N}
\liAufgabe{30_AUD/06_Graphen/20_Dijkstra/Aufgabe_Staedte-A-F}
\liExamensAufgabe{46114/2008/09/Thema-1/Aufgabe-2}
\liExamensAufgabe{46115/2013/03/Thema-2/Aufgabe-5}
\liExamensAufgabe{66112/2004/03/Thema-1/Aufgabe-5}
\liExamensAufgabe{66115/2013/09/Thema-2/Aufgabe-9}
\liExamensAufgabe{66115/2015/03/Thema-2/Aufgabe-7}
\liExamensAufgabe{66115/2016/03/Thema-2/Aufgabe-6}
\liExamensAufgabe{66115/2017/03/Thema-1/Aufgabe-1}
\liExamensAufgabe{66115/2018/03/Thema-2/Aufgabe-9}
\liExamensAufgabe{66115/2020/09/Thema-1/Teilaufgabe-2/Aufgabe-3}
\end{document}
```

1.3 Vorlage Aufgabe

```
\documentclass{lehramt-informatik-aufgabe}
\liLadePakete{}
\begin{document}
\liAufgabenTitel{}
\section{
\index{DB}
\footcite{examen:}
}

\end{document}
```

2 Pakete

2.1 aufgaben-einbinden.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-aufgaben-einbinden}[2020/06/13]
```

`\liAufgabe` Eine Aufgaben mit den Pfad relativ zu Wurzelverzeichnis dieses Repository einbinden.

```
\def\liAufgabe#1{
  \input{\LehramtInformatikRepository/#1.tex}
}
```

`\liExamensAufgabe` Eine Examensaufgaben mit den Pfad relativ zu Staatsexamen einbinden, z. B. `\liExamensAufgabe{46116/2015/09/Thema-2/Teilaufgabe-1/Aufgabe-3}`

```
\def\liExamensAufgabe#1{
  \input{\LehramtInformatikRepository/Staatsexamen/#1.tex}
}
```

`\liExamensAufgabeTTA`

```
\def\liExamensAufgabeTTA #1 / #2 / #3 : Thema #4 Teilaufgabe #5 Aufgabe #6 {
  \input{\LehramtInformatikRepository/Staatsexamen/#1/#2/#3/Thema-#4/Teilaufgabe-#5/Aufgabe-#6.tex}
}
```

`\liExamensAufgabeTA`

```
\def\liExamensAufgabeTA #1 / #2 / #3 : Thema #4 Aufgabe #5 {
  \input{\LehramtInformatikRepository/Staatsexamen/#1/#2/#3/Thema-#4/Aufgabe-#5.tex}
}
```

`\liExamensAufgabeA`

```
\def\liExamensAufgabeA #1 / #2 / #3 : Aufgabe #4 {
  \input{\LehramtInformatikRepository/Staatsexamen/#1/#2/#3/Aufgabe-#4.tex}
}
```

2.2 aufgaben-titel.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-aufgaben-titel}[2020/07/07 Zum
Setzen von Aufgaben-Titel.]
```

```
\ExplSyntaxOn
```

`\liAufgabenTitel` Momentan eine dummy Makro das die Thematik enthält.

```
\def\liAufgabenTitel#1{
}
```

`\liSetzeAufgabenTitel` Setzen des Titels über eine plist bzw über key-values. Das Makro sollte irgendwann einmal in `\liAufgabenTitel` umbenannt werden.

Die Schlüssel-Werte-Paare sind in der Datei basis.sty definiert.

```
\liSetzeAufgabenTitel{
  Titel = Aufgabe 2,
  Thematik = Petri-Netz,
  Fussnote = sosy:pu:4,
  FussnoteSeite = Seite 11,
  RelativerPfad = Staatsexamen/46116/2016/03/Thema-2/Teilaufgabe-1/Aufgabe-2.tex,
  ExamenNummer = 46116,
  ExamenJahr = 2016,
  ExamenMonat = 03,
  ExamenThemaNr = 2,
  ExamenTeilaufgabeNr = 1,
  ExamenAufgabeNr = 2,
}
```

```
\def\liSetzeAufgabenTitel#1{

  \_setze_variablen_zurueck:

  \tl_clear:N \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl

  \keys_set:nn { aufgabentitel } {
    #1
  }

  \_setze_relativen_pfad:

  \tl_if_empty:NTF \g_auf_titel_tl
  {
    \msg_fatal:nn { aufgabentitel } { kein-titel }
  }
  {
  }

  \_gib_examen_titel: {}

  \section{\_gib_aufgaben_titel:}

  \bigskip
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

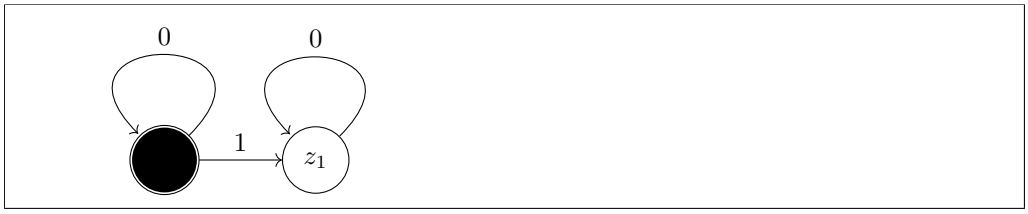
2.3 automaten.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-automaten}[2021/02/14 Zum Setzen von Automaten]
```

2.3.1 Endlicher Automat

```
\liLadePakete{formale-sprachen}
```

```
\begin{tikzpicture}[li automat]
\node[state,initial,accepting] (0) {$z_0$};
\node[state,right of=0] (1) {$z_1$};

\path (0) edge[above] node{1} (1);
\path (0) edge[loop,above] node{0} (0);
\path (1) edge[loop,above] node{0} (1);
\end{tikzpicture}
```




```
\RequirePackage{tikz}
\usetikzlibrary{arrows,automata,positioning}
\liLadePakete{mathe}
\directlua{
  automaten = require('lehramt-informatik-automaten')
}
```

`\liAutomat` `\liAutomat[`⟨*automaten-name*⟩`]{`⟨*zustaende=Z,alphabet=Σ,delta=δ,ende=E,start=z_0*⟩`}`

- `\liAutomat{}`: $A = (Z, \Sigma, \delta, E, z_0)$
- `\liAutomat[A_1]{}`: $A_1 = (Z, \Sigma, \delta, E, z_0)$
- `\liAutomat{zustaende={z_0, z_1, z_2}}`: $A = (\{z_0, z_1, z_2\}, \Sigma, \delta, E, z_0)$
- `\liAutomat{alphabet={a,b}}`: $A = (Z, \{a, b\}, \delta, E, z_0)$
- `\liAutomat{delta=d}`: $A = (Z, \Sigma, d, E, z_0)$
- `\liAutomat{ende={z_0, z_1, z_2}}`: $A = (Z, \Sigma, \delta, \{z_0, z_1, z_2\}, z_0)$
- `\liAutomat{start=z_1}`: $A = (Z, \Sigma, \delta, E, z_1)$
- `\liAutomat{dea}`: $A_{\mathrm{DEA}} = (Z, \Sigma, \delta, E, z_0)$
- `\liAutomat{nea}`: $A_{\mathrm{NEA}} = (Z, \Sigma, \delta, E, z_0)$

```
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentCommand {\liAutomat} { O{A} m } {
  \tl_set:Nn \l_zustaende_tl {Z}
  \tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\Sigma}
  \tl_set:Nn \l_delta_tl {\delta}
  \tl_set:Nn \l_ende_tl {E}
  \tl_set:Nn \l_start_tl {z\sb{0}}
  \tl_set:Nn \l_typ_tl {}

  \keys_define:nn { automat } {
    zustaende .code:n = {\tl_set:Nn \l_zustaende_tl {\liMenge{##1}}},
    alphabet .code:n = {\tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\liMenge{##1}}},
    delta .code:n = {\tl_set:Nn \l_delta_tl {##1}},
    ende .code:n = {\tl_set:Nn \l_ende_tl {\liMenge{##1}}},
```

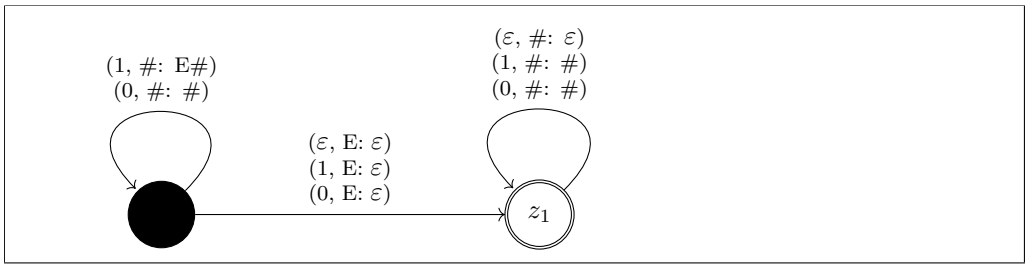
```
    start .code:n = {\tl_set:Nn \l_start_tl {##1}},
    dea .value_forbidden:n = true,
    dea .code:n = {\tl_set:Nn \l_typ_tl {\sb{\text{DEA}}}},
    nea .value_forbidden:n = true,
    nea .code:n = {\tl_set:Nn \l_typ_tl {\sb{\text{NEA}}}},
  }

  \keys_set:nn { automat } { #2 }

  $#1 \l_typ_tl = (
    \l_zustaende_tl,
    \l_alphabet_tl,
    \l_delta_tl,
    \l_ende_tl,
    \l_start_tl
  )$
}
\ExplSyntaxOff
```

`\liAutomatenKante` **Let-Abkürzung:** `\let\k=\liAutomatenKante`

```
\def\liAutomatenKante#1#2#3#4{
  \path (#1) edge[#4] node{#3} (#2);
}

\tikzset{
  li automat/.style={
    ->,
    node distance=2cm
  },
}
```

2.3.2 Kellerautomat

```
\begin{tikzpicture}[li kellerautomat,node distance=5cm]
\node[state,initial] (0) {$z_0$};
\node[state,right of=0,accepting] (1) {$z_1$};

\liKellerKante[above,loop]{0}{0}{
  1, KELLERBODEN, E KELLERBODEN;
  0, KELLERBODEN, KELLERBODEN;
}

\liKellerKante[above]{0}{1}{
  EPSILON, E, EPSILON;
  1, E, EPSILON;
  0, E, EPSILON;
}

\liKellerKante[above,loop]{1}{2}{
  EPSILON, KELLERBODEN, EPSILON;
  1, KELLERBODEN, KELLERBODEN;
  0, KELLERBODEN, KELLERBODEN;
}
\end{tikzpicture}
```



`\liKellerAutomat` `\liKellerAutomat[`⟨*automaten-name*⟩`]`
`{`⟨*zustaende=Z,alphabet=*Σ*,kelleralphabet=*Γ*,delta=*δ*,start=*z_0*,kellerboden=*$\#$*,ende=E*⟩`}`

```
\liKellerAutomat{
  zustaende={z_0, z_1, z_2},
  alphabet={a, b, c},
  kelleralphabet={\#, A},
  ende={z_2},
}
```

$$K = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b, c\}, \{\#, A\}, \delta, z_0, \#, \{z_2\})$$

```
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentCommand {\liKellerAutomat} { O{K} m } {
  \tl_set:Nn \l_zustaende_tl {Z}
  \tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\Sigma}
  \tl_set:Nn \l_kelleralphabet_tl {\Gamma}
  \tl_set:Nn \l_delta_tl {\delta}
  \tl_set:Nn \l_start_tl {z\sb{0}}
  \tl_set:Nn \l_kellerboden_tl {\#}
  \tl_set:Nn \l_ende_tl {E}

  \keys_define:nn { kellerautomat } {
    zustaende .code:n = {\tl_set:Nn \l_zustaende_tl {\liMenge{##1}}},
    alphabet .code:n = {\tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\liMenge{##1}}},
    kelleralphabet .code:n = {\tl_set:Nn \l_kelleralphabet_tl {\liMenge{##1}}},
    delta .code:n = {\tl_set:Nn \l_delta_tl {##1}},
    start .code:n = {\tl_set:Nn \l_start_tl {##1}},
```

```
    kellerboden .code:n = {\tl_set:Nn \l_kellerboden_tl {##1}},
    ende .code:n = {\tl_set:Nn \l_ende_tl {\liMenge{##1}}},
  }

  \keys_set:nn { kellerautomat } { #2 }

  $#1 = (
    \l_zustaende_tl,
    \l_alphabet_tl,
    \l_kelleralphabet_tl,
    \l_delta_tl,
    \l_start_tl,
    \l_kellerboden_tl,
    \l_ende_tl
  )$
}
\ExplSyntaxOff
```

\liKellerUebergang **Let-Abkürzung:** `\let\u=\liKellerUebergang`

`\liKellerUebergang{a, KELLERBODEN, A; b KELLERBODEN, EPSILON}`

(a, #: A)
(b, #: ε)

Regulärer Ausdruck zum Konvertieren: `\((.*), (.*), (.*)\) \\u{$1 $2 $3}`

```
\ExplSyntaxOn
\def\liKellerUebergang#1{
  \directlua{automaten.drucke_keller_uebergaenge('#1')}
}
\ExplSyntaxOff
```

\liKellerKante `\liKellerKante[`⟨*tikz-optionen*⟩`]{`⟨*von*⟩`}{`⟨*zu*⟩`}{`⟨*übergange*⟩`}`

Let-Abkürzung: `\let\k=\liKellerKante`

```
\NewDocumentCommand{\liKellerKante} { O{above} m m m  } {
  \path (#2) edge[#1] node{\liKellerUebergang{#4}} (#3);
}
```

```
\tikzset{
  li keller knoten/.style={
    text width=2cm,
    align=center,
    font=\footnotesize,
  },
  li kellerautomat/.style={
    li automat,
    every edge/.append style={
      every node/.style={
        li keller knoten
      }
    }
  }
}
```

2.3.3 Turingmaschine

```
\RequirePackage{amssymb}
```

\liTuringLeerzeichen

□

```
\def\liTuringLeerzeichen{\Box}
```

`\liTuringMaschine` `\liTuringMaschine[`⟨*automaten-name*⟩`]`
`{`⟨*zustaende=Z,alphabet=*Σ*,bandalphabet=*Γ*,delta=*δ*,start=*z_0*,leerzeichen=*$\square$*,ende=E*⟩`}`

```
\liTuringMaschine{
  zustaende={z_0, z_1, z_2},
  alphabet={a, b, c},
  bandalphabet={\liTuringLeerzeichen, A},
  ende={z_2},
}
```

$\mathrm{TM} = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b, c\}, \{\square, A\}, \delta, z_0, \square, \{z_2\})$

```
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentCommand {\liTuringMaschine} { O{TM} m } {
  \tl_set:Nn \l_zustaende_tl {Z}
  \tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\Sigma}
  \tl_set:Nn \l_bandalphabet_tl {\Gamma}
  \tl_set:Nn \l_delta_tl {\delta}
  \tl_set:Nn \l_start_tl {z\sb{0}}
  \tl_set:Nn \l_leerzeichen_tl {\liTuringLeerzeichen}
  \tl_set:Nn \l_ende_tl {E}

  \keys_define:nn { kellerautomat } {
    zustaende .code:n = {\tl_set:Nn \l_zustaende_tl {\liMenge{##1}}},
    alphabet .code:n = {\tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\liMenge{##1}}},
    bandalphabet .code:n = {\tl_set:Nn \l_bandalphabet_tl {\liMenge{##1}}},
    delta .code:n = {\tl_set:Nn \l_delta_tl {##1}},
    start .code:n = {\tl_set:Nn \l_start_tl {##1}},
    leerzeichen .code:n = {\tl_set:Nn \l_leerzeichen_tl {##1}},
    ende .code:n = {\tl_set:Nn \l_ende_tl {\liMenge{##1}}},
  }

  \keys_set:nn { kellerautomat } { #2 }

  $\text{#1} = (
    \l_zustaende_tl,
    \l_alphabet_tl,
    \l_bandalphabet_tl,
    \l_delta_tl,
    \l_start_tl,
    \l_leerzeichen_tl,
    \l_ende_tl
  )$
}
\ExplSyntaxOff
```

`\liTuringUebergangZelle` Formatiert einen Zustandsübergang für eine Übergangstabelle.
Let-Abkürzung: `\let\t=\liTuringUebergangZelle`
`\liTuringUebergangZelle{z_1, LEER, R}`: (z_1: $\square$, R) `\liTuringUebergangZelle{z1, leer, l}`: (z_1: $\square$, L)

```
\ExplSyntaxOn
\def\liTuringUebergangZelle#1{
  \directlua{tex.print(automaten.gib_einen_turing_uebergang('#1'))}
}
\ExplSyntaxOff
```

`\liTuringUebergaenge` Nur in den TikZ-Grafiken zu verwenden. Setzt Zeilenumbrüche ans Ende. Nicht für die Tabelle geeignet.
Let-Abkürzung: `\let\t=\liTuringUebergaenge`
(z_1: $\square$, L)
($\square$: $\square$, R)

```
\ExplSyntaxOn
\def\liTuringUebergaenge#1{
  \directlua{automaten.drucke_turing_uebergaenge('#1')}
}
\ExplSyntaxOff
```

\liTuringKante `\liTuringKante[`⟨*tikz-optionen*⟩`]{`⟨*zustand-oder-lese*⟩`}{`⟨*schreibe*⟩`}{`⟨*richtung*⟩`}`

Let-Abkürzung: `\let\t=\liTuringKante`

```
\NewDocumentCommand{\liTuringKante} { O{above} m m m  } {
  \path (#2) edge[#1] node{\liTuringUebergaenge{#4}} (#3);
}
```

\liTuringUeberfuehrung

```
\def\liTuringUeberfuehrung{
  $\delta : Z \times \Gamma \rightarrow Z \times \Gamma \times \{ L, R, N \}$
}
```

```
\tikzset{
  li turingmaschine/.style={
    li automat,
    every edge/.append style={
      every node/.style={
        li keller knoten
      }
    }
  }
}
```

2.4 basis.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-basis}[2020/11/27]
\RequirePackage{xparse}
\ExplSyntaxOn
```

\liLadePakete

```
\NewDocumentCommand{\liLadePakete}{ m }
{
  \clist_map_inline:nn { #1 } { \RequirePackage{lehramt-informatik-##1} }
}
```

\liLadeAllePakete

```
\def\liLadeAllePakete{
  \liLadePakete{
    aufgaben-einbinden,
    automaten,
    baum,
    checkbox,
    chomsky-normalform,
    cpm,
    cyk-algorithmus,
    entwurfsmuster,
    er,
    formale-sprachen,
    gantt,
    grafik,
    graph,
    hanoi,
    kontrollflussgraph,
    makros,
    master-theorem,
    mathe,
    minimierung,
    normalformen,
    petri,
    potenzmengen-konstruktion,
    pseudo,
    quicksort,
    relationale-algebra,
    rmodell,
    sortieren,
    spalten,
    struktogramm,
    syntax,
    syntaxbaum,
    synthese-algorithmus,
    tabelle,
    typographie,
    uml,
    vollstaendige-induktion,
    wasserfall,
    wpkalkuel,
  }
}
```

Definition einer Komma-getrennten-Liste mit deren Hilfe die vielen globalen Token-List-Variablen definiert werden können.

```
\clist_new:N \g_auf_schluessel_clist
\clist_set:Nn \g_auf_schluessel_clist {
  titel,
  thematik,
```

```
  fussnote,
  fussnote_seite,
  relativer_pfad,
  examen_nummer,
  examen_jahr,
  examen_monat,
  examen_thema_nr,
  examen_teilaufgabe_nr,
  examen_aufgabe_nr,
}
```

Initialisierung der globalen Token-List-Variablen `\g_auf_***_tl`. `auf` steht für Aufgabe.

```
\clist_map_inline:Nn \g_auf_schluessel_clist {
  \tl_new:c {g_auf_#1_tl}
}
```

Funktion über alle globalen Token-List-Variablen zurückzusetzten.

```
\cs_new:Npn \_setze_variablen_zurueck: {
  \clist_map_inline:Nn \g_auf_schluessel_clist {
    \tl_clear:c {g_auf_##1_tl}
  }
}
```

```
\keys_define:nn { aufgabentitel }
{
  Titel .tl_gset:N = \g_auf_titel_tl,
  Thematik .tl_gset:N = \g_auf_thematik_tl,
  Fussnote .tl_gset:N = \g_auf_fussnote_tl,
  FussnoteSeite .tl_gset:N = \g_auf_fussnote_seite_tl,
  RelativerPfad .tl_gset:N = \g_auf_relativer_pfad_tl,
  ExamenNummer .tl_gset:N = \g_auf_examen_nummer_tl,
  ExamenJahr .tl_gset:N = \g_auf_examen_jahr_tl,
  ExamenMonat .tl_gset:N = \g_auf_examen_monat_tl,
  ExamenThemaNr .tl_gset:N = \g_auf_examen_thema_nr_tl,
  ExamenTeilaufgabeNr .tl_gset:N = \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl,
  ExamenAufgabeNr .tl_gset:N = \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl,
}
```

```
\cs_gset:Npn \_setze_relativen_pfad: {
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_relativer_pfad_tl
  {
    \bool_if:nTF
    {
      ! \tl_if_empty_p:N \g_auf_examen_nummer_tl &&
      ! \tl_if_empty_p:N \g_auf_examen_jahr_tl &&
      ! \tl_if_empty_p:N \g_auf_examen_monat_tl
    }
    {
      \tl_gset:Nn \g_auf_relativer_pfad_tl {
        Staatsexamen /
        \g_auf_examen_nummer_tl /
        \g_auf_examen_jahr_tl /
        \g_auf_examen_monat_tl /
        \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_thema_nr_tl {} { Thema - \g_auf_examen_thema_nr_tl / 
        \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl {} { Teilaufgabe - \g_auf_examen_tei
        \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl {} { Aufgabe - \g_auf_examen_aufgabe_nr_
      }
    }
    {}
  }
  {}
}
```

```
\cs_gset:Npn \_gib_examen_titel: {
  \cs_set:Nn \_trenner: { \, / \, }
```

```
  \bool_if:nTF
  {
    ! \tl_if_empty_p:N \g_auf_examen_nummer_tl &&
    ! \tl_if_empty_p:N \g_auf_examen_jahr_tl &&
    ! \tl_if_empty_p:N \g_auf_examen_monat_tl &&
    ! \tl_if_empty_p:N \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl
  }
  {
    {
      \footnotesize
      \par
      \noindent
      Staatsexamen ~
      \g_auf_examen_nummer_tl \_trenner:
      \g_auf_examen_jahr_tl \_trenner:

      \tl_case:Nn \g_auf_examen_monat_tl
      {
        { 03 } { Frühjahr }
        { 09 } { Herbst }
      } \_trenner:

      \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_thema_nr_tl {} {
        Thema ~ Nr. ~ \g_auf_examen_thema_nr_tl \_trenner:
      }
      \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl {} {
        Teilaufgabe ~ Nr. ~ \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl \_trenner:
      }
      \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl {} {
        Aufgabe ~ Nr. ~ \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl
      }
      \par
      \bigskip
    }
  }
}
\cs_new:Npn \_gib_github_url: {
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_relativer_pfad_tl {} {
    Github :~\href{
      \LehramtInformatikGithubRawDomain /
      \LehramtInformatikGithubTexRepo /
      \LehramtInformatikGitBranch /
      \g_auf_relativer_pfad_tl
    }{
      \g_auf_relativer_pfad_tl
    }
  }
}
\cs_new:Npn \_gib_aufgaben_titel: {
  \g_auf_titel_tl

  \tl_if_empty:NTF \g_auf_thematik_tl
  {}
  {
   \, ~ [
    \g_auf_thematik_tl
   ]
  }
}
\msg_new:nnn { aufgabentitel } { kein-titel }
  { Der~Schlüssel~ist~zwingend~notwendig }
\ExplSyntaxOff
```

```
\def\LehramtInformatikRepository{/pfad/zum/repository}
\input /etc/lehramt-informatik.config.tex
```

biblatex not working with lualatex and babel

```
% \RequirePackage{polyglossia}
% \setmainlanguage{german}
```

2.5 baum.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-baum}[2020/06/13 Zum Setzen von
Binär- und AVL-Bäumen. Hüll-Paket um TikZ and tikz-qtree.]
```

```
\RequirePackage{tikz}
```

für `li binaer baum`

```
\RequirePackage{tikz-qtree}
```

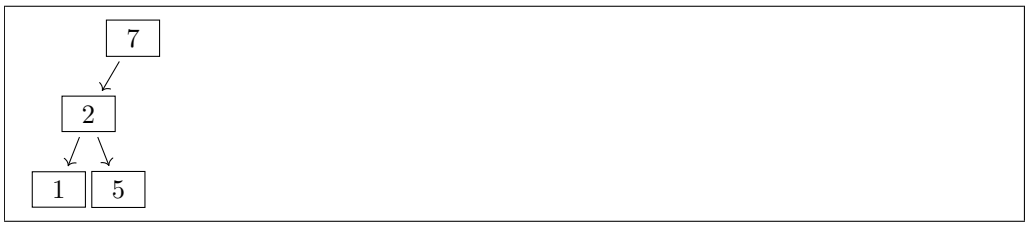
Für b baum

```
\usetikzlibrary{shapes.multipart}
```

2.5.1 Binärbaum

TikZ-Stil: `li binaer baum`: Knoten als Kreise, Kanten als Pfeile.

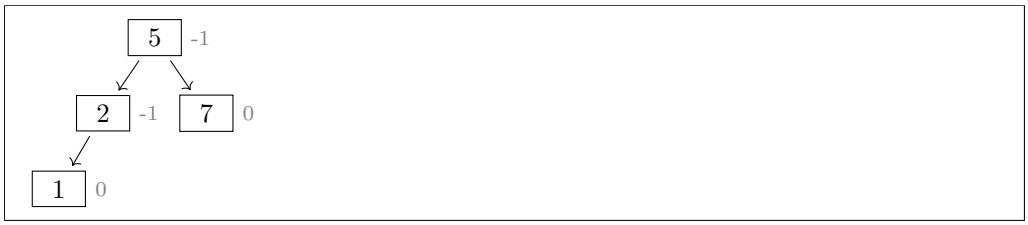
```
\begin{tikzpicture}[li binaer baum]
\Tree
[.7
  [.2
    [.1 ]
    [.5 ]
  ]
  \edge[blank]; \node[blank]{};
]
\end{tikzpicture}
```




```
\tikzset{
  li binaer baum/.style={
    shorten <=2pt,
    shorten >=2pt,
    ->,
    every tree node/.style={
      minimum width=2em,
      draw,
      rectangle
    },
    blank/.style={
      draw=none
    },
    edge from parent/.style={
      draw,
      edge from parent path={(\tikzparentnode) -- (\tikzchildnode)}
    },
    level distance=1cm,
    every label/.style={
      gray,
      font=\footnotesize,
      label position=0,
      label distance=0cm,
    }
  },
}
```

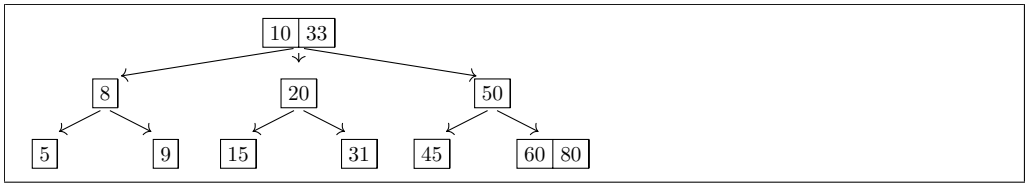
2.5.2 AVL-Baum

```
\begin{tikzpicture}[li binaer baum]
\Tree
[.\node[label=-1]{5};
  [.\node[label=-1]{2};
    [.\node[label=0]{1}; ]
    \edge[blank]; \node[blank]{};
  ]
  [.\node[label=0]{7}; ]
]
\end{tikzpicture}
```



2.5.3 B-Baum

```
\begin{tikzpicture}[
  scale=0.8,
  transform shape,
  li bbaum,
  level 1/.style={level distance=10mm,sibling distance=32mm},
  level 2/.style={level distance=10mm,sibling distance=20mm},
]
\node {10 \nodepart{two} 33}
  child {node {8}
    child {node {5}}
    child {node {9}}
  }
  child {node {20}
    child {node {15}}
    child {node {31}}
  }
  child {node {50}
    child {node {45}}
    child {node {60 \nodepart{two} 80}}
  }
;
\end{tikzpicture}
```




```
\tikzset{
  li bbaum knoten/.style={
    rectangle split parts=10,
    rectangle split,
    rectangle split horizontal,
    rectangle split ignore empty parts,
    draw,
    fill=white
  },
  li bbaum/.style={
    every node/.style={
      li bbaum knoten
    },
    level 1/.style={
      level distance=12mm,
      sibling distance=25mm,
    },
    every child/.style={
      shorten <= 2pt,
      shorten >= 6pt,
      ->,
    },
    level 2/.style={
      level distance=9mm,
      sibling distance=15mm,
    },
  }
}
```

2.6 checkbox.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-checkbox}[2020/12/14 Zum Setzen von
Multiple-Choice-Fragen. Simulation von Kästchen zum ankreuzen]
\RequirePackage{amssymb}
```

`\liRichtig` Angekreuztes Kästchen (nur innerhalb der `itemize`-Umgebung zu verwenden.

```
\def\liRichtig{\item[$\boxtimes$]}
```

`\liFalsch` Nicht angekreuztes Kästchen (nur innerhalb der `itemize`-Umgebung zu verwenden.

```
\def\liFalsch{\item[$\square$]}
```

2.7 chomsky-normalform.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-chomsky-normalform}[2021/03/26
Hilfsmakros zum Setzen des Algorithmus zum Erreichen der Chomsky-Normalform]

\ExplSyntaxOn

\liLadePakete{typographie}
```

\liChomskyUeberschrift **Let-Abkürzung:** `\let\schritt=\liChomskyUeberschrift`

```
\def\liChomskyUeberschrift#1{
  {
    \bfseries
    \sffamily
    \str_case:nn {#1} {
      {1} {Elimination~der~$\varepsilon$-Regeln}
      {2} {Elimination~von~Kettenregeln}
      {3} {Separation~von~Terminalzeichen}
      {4} {Elimination~von~mehrelementigen~Nonterminalketten}
    }
  }
}
```

\liChomskyErklaerung **Let-Abkürzung:** `\let\erklaerung=\liChomskyErklaerung`
Hoffmann Seite 180

```
\def\li@chomsky@erklaerung@texte#1{
  \str_case:nn {#1} {
    %
    {1} {
      Alle~Regeln~der~Form~$A~\rightarrow~\varepsilon$~werden~eliminiert.~
      Die~Ersetzung~von~$A$~wird~durch~$\varepsilon$~in~allen~anderen~
      Regeln~vorweggenommen.
    }
    {2} {
      Jede~Produktion~der~Form~$A~\rightarrow~B$~mit~$A,~B~\in~S$~wird~
      als~Kettenregel~bezeichnet.~Diese~tragen~nicht~zur~Produktion~
      von~Terminalzeichen~bei~und~lassen~sich~ebenfalls~eliminieren.
    }
    {3} {
      Jedes~Terminalzeichen~$\sigma$,~das~in~Kombination~mit~anderen~
      Symbolen~auftaucht,~wird~durch~ein~neues~Nonterminal~
      $S\sb{\sigma}$~ersetzt~und~die~Menge~der~Produktionen~durch~die~
      Regel~$S\sb{\sigma}~\rightarrow~\sigma$~ergänzt.
    }
    {4} {
      Alle~Produktionen~der~Form~
      $A\rightarrow~B\sb{1}~B\sb{2}~\dots~B\sb{n}$~
      werden~in~die~Produktionen~
      $A~\rightarrow~
      A\sb{n-1}~B\sb{n},~A\sb{n-1}~\rightarrow~
      A\sb{n-2}~B\sb{n-1},~\dots,~
      A\sb{2}~\rightarrow~B\sb{1}~B\sb{2}$~zerteilt.~
      Nach~der~Ersetzung~sind~alle~längeren~Nonterminalketten~
      vollständig~heruntergebrochen~und~die~Chomsky-Normalform~erreicht.
    }
  }
}
\def\liChomskyErklaerung#1{
  {
    \itshape
    \footnotesize
    \liParagraphMitLinien{\li@chomsky@erklaerung@texte{#1}}
  }
```

```
}
```

\liChomskyUeberErklaerung **Let-Abkürzung:** `\let\schrittE=\liChomskyUeberErklaerung`

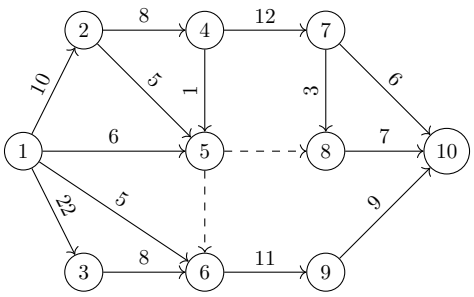
```
\def\liChomskyUeberErklaerung#1{
  \liChomskyUeberschrift{#1}\par
  \liChomskyErklaerung{#1}
}

\ExplSyntaxOff

```

2.8 cpm.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-cpm}[2020/09/03]
\RequirePackage{tikz}
\liLadePakete{mathe}
```

Let-Abkürzungen

```
\let\f=\footnotesize
\let\FZ=\liCpmFruehesterI
\let\SZ=\liCpmSpaetesterI
\let\v=\liCpmVon
\let\vz=\liCpmVonZu
\let\z=\liCpmZu
```




```
\begin{tikzpicture}[scale=0.8,transform shape]
\liCpmEreignis{1}{0}{2}
\liCpmEreignis{2}{1}{4}
\liCpmEreignis{3}{1}{0}

\liCpmVorgang{1}{2}{10}
\liCpmVorgang{1}{3}{22}
\liCpmVorgang{1}{5}{6}

\liCpmVorgang[schein]{5}{6}{}
\liCpmVorgang[schein]{5}{8}{}
\end{tikzpicture}


\begin{tabular}{|l|l|l|l|l|l|l|l|}
\hline
$i$ & a & b & c  & d  & e  & f  & g  \\\hline\hline
\FZ & 0 & 2 & 5  & 6  & 10 & 3  & 12 \\\hline
\SZ & 0 & 2 & 5  & 10 & 10 & 6  & 12 \\\hline
GP  & 0 & 0 & 0  & 3  & 0  & 3  & 0  \\\hline
\end{tabular}
```

\liCpmEreignis liCpmEreignis\{(.*)\}\((.*),(.*)\) -> liCpmEreignis{$1}{$2}{$3}

```
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentCommand { \liCpmEreignis } { O{} m m m  } {
  \tl_set:Nn \l_name_tl {}

  \keys_define:nn { cpmEreignis } {
    name .code:n = {\tl_set:Nn \l_name_tl {##1}},
  }

  \keys_set:nn { cpmEreignis } { #1 }

  \tl_if_empty:NT \l_name_tl {
    \tl_set:Nn \l_name_tl {#2}
  }
```

```
  \node[circle,draw] (\l_name_tl) at (#3,#4) {#2};
}
\ExplSyntaxOff
```

\liCpmVorgang liCpmVORGANG\((.*)>(.*)\)\{(.*)\}

```
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentCommand { \liCpmVorgang } { O{} m m m  } {
  \tl_set:Nn \l_schein_tl {}
  \tl_set:Nn \l_kritisch_tl {}

  \keys_define:nn { cpmVorgang } {
    schein .code:n = {\tl_set:Nn \l_schein_tl {dashed}},
    kritisch .code:n = {\tl_set:Nn \l_kritisch_tl {thick}},
  }

  \keys_set:nn { cpmVorgang } { #1 }

  \path[->,\l_schein_tl,\l_kritisch_tl] (#2) edge node[auto,sloped] {#4} (#3);
}
\ExplSyntaxOff
```

2.8.1 Hilfsmakros für Zeitpunkt-Tabelle

```
\begin{tabular}{|l||l|l|l|l|l|l|l|l|}
\hline
$i$ & 1 & 2 & 3  & 4 & 5  & 6  & 7  & 8  \\\hline\hline
\FZ & 0 & 5 & 18 & 7 & 19 & 26 & 22 & 30 \\\hline
\SZ & 0 & 5 & 18 & 9 & 19 & 26 & 24 & 30 \\\hline
GP  & 0 & 0 & 0  & 2 & 0  & 0  & 2  & 0  \\\hline
\end{tabular}
```

\liCpmVonZu **Let-Abkürzung:** \let\vz=\liCpmVonZu
\liCpmVonZu{1}(2-3): $1_{(2\to3)}$

```
\def\liCpmVonZuOhneMathe#1(#2-#3){#1_{\scriptscriptstyle(#2\rightarrow#3)}}
\def\liCpmVonZu#1(#2-#3){%
  \ifmmode%
    \liCpmVonZuOhneMathe{#1}(#2-#3)%
  \else%
    $\liCpmVonZuOhneMathe{#1}(#2-#3)$%
  \fi%
}
```

\liCpmVon **Let-Abkürzung:** \let\v=\liCpmVon
\liCpmVon{1}(2): $1_{(\to2)}$

```
\def\liCpmVonOhneMathe#1(#2){#1_{\scriptscriptstyle(\rightarrow#2)}}
\def\liCpmVon#1(#2){%
  \ifmmode%
    \liCpmVonOhneMathe{#1}(#2)%
  \else%
    $\liCpmVonOhneMathe{#1}(#2)$%
  \fi%
}
```

\liCpmZu **Let-Abkürzung:** \let\z=\liCpmZu
\liCpmZu{1}(2): $1_{(\leftarrow2)}$

```
\def\liCpmZuOhneMathe#1(#2){#1_{\scriptscriptstyle(\leftarrow#2)}}
\def\liCpmZu#1(#2){%
  \ifmmode%
    \liCpmZuOhneMathe{#1}(#2)%
  \else%
    $\liCpmZuOhneMathe{#1}(#2)$%
```

```
  \fi%
}
```

`\liCpmSpaetesterI` Spätester Zeitpunkt, zu dem Ereignis i eintreten kann
Let-Abkürzung: `\let\SZ=\liCpmSpaetesterI`

```
\def\liCpmSpaetesterI{$SZ_i$}
```

`\liCpmFruehesterI` Frühester Zeitpunkt, zu dem Ereignis i eintreten kann.
Let-Abkürzung: `\let\FZ=\liCpmFruehesterI`

```
\def\liCpmFruehesterI{$FZ_i$}
```

2.9 cyk-algorithmus.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-cyk-algorithmus}[2021/06/18 Hilfsmakros
zum Setzen des CYK-Algorithmus]
```

```
\begin{tabular}{|c|c|c|c|c|c|}
a     & c     & b     & c     & a     & b \\\hline\hline

$R_a$ & $R_c$ & $R_b$ & $R_c$ & $R_a$ & $R_b$ \l6
B     & A     & A     & B     & C \l5
S     & -     & S     & S \l4
-     & -     & - \l3
-     & - \l2
S \l1
\end{tabular}
```

`\liKurzeTabellenLinie` **Let-Abkürzung:** `\let\l=\liKurzeTabellenLinie`

```
\def\liKurzeTabellenLinie#1{\\\cline{1-#1}}
```

`\liWortInSprache` $\Rightarrow abc \in L(Y)$

```
\NewDocumentCommand{ \liWortInSprache } { m O{L(G)} } {
  \bigskip
  \noindent
  $\Rightarrow #1 \in #2$
}
```

`\liWortNichtInSprache` $\Rightarrow abc \notin L(G)$

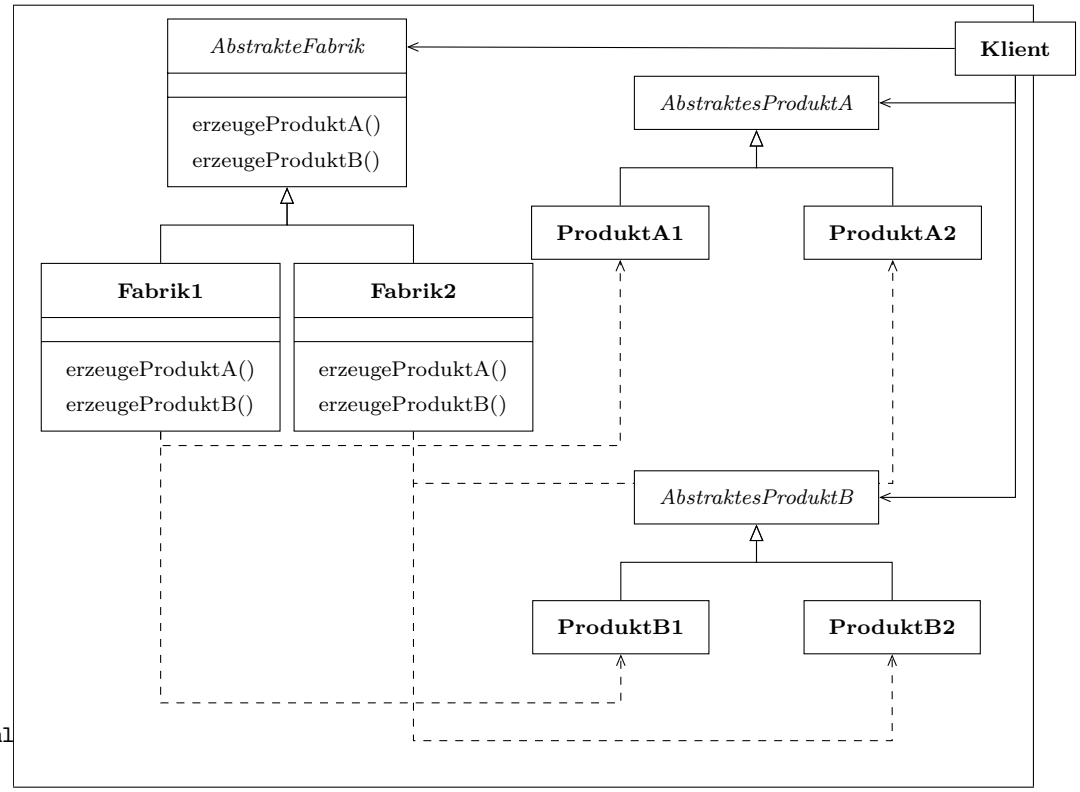
```
\NewDocumentCommand{ \liWortNichtInSprache } { m O{L(G)} } {
  \bigskip
  \noindent
  $\Rightarrow #1 \notin #2$
}
```

2.10 entwurfsmuster.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-entwurfsmuster}[2021/05/06 Hilfsmakros
zum Setzen von Entwurfsmuster/Design Patterns]

\RequirePackage{lehramt-informatik-uml}
```

2.10.1 Abstrakte Fabrik

\liEntwurfsAbstrakteFabrikUml

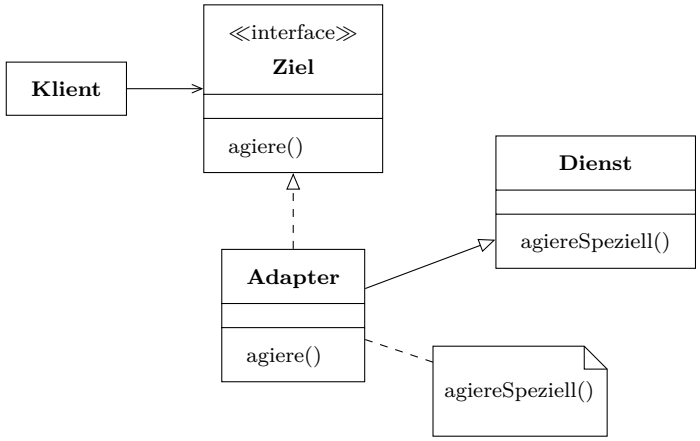



```
\def\liEntwurfsAbstrakteFabrikUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlclass[type=abstract]{AbstrakteFabrik}{}{
      erzeugeProduktA()\\
      erzeugeProduktB()\\
    }
    \umlclass[below left=1cm and -1.5cm of AbstrakteFabrik]{Fabrik1}{}{
      erzeugeProduktA()\\
      erzeugeProduktB()\\
    }
    \umlclass[below right=1cm and -1.5cm of AbstrakteFabrik]{Fabrik2}{}{
      erzeugeProduktA()\\
      erzeugeProduktB()\\
    }
    \umlVHVinherit{Fabrik1}{AbstrakteFabrik}
    \umlVHVinherit{Fabrik2}{AbstrakteFabrik}

    \umlsimpleclass[right=3cm of AbstrakteFabrik,type=abstract]{AbstraktesProduktA}
    \umlsimpleclass[below left=1cm and -1cm of AbstraktesProduktA]{ProduktA1}
    \umlsimpleclass[below right=1cm and -1cm of AbstraktesProduktA]{ProduktA2}
    \umlVHVinherit{ProduktA1}{AbstraktesProduktA}
    \umlVHVinherit{ProduktA2}{AbstraktesProduktA}

    \umlsimpleclass[above right=0cm and 1cm of AbstraktesProduktA]{Klient}

    \umlsimpleclass[below=4.5cm of AbstraktesProduktA,type=abstract]{AbstraktesProduktB}
    \umlsimpleclass[below left=1cm and -1cm of AbstraktesProduktB]{ProduktB1}
    \umlsimpleclass[below right=1cm and -1cm of AbstraktesProduktB]{ProduktB2}
```

```
    \umlVHVinherit{ProduktB1}{AbstraktesProduktB}
    \umlVHVinherit{ProduktB2}{AbstraktesProduktB}

    \umlVHVdep[arm1=-1.3cm,arm2=-1cm]{Fabrik1}{ProduktA1}
    \umlVHVdep[arm2=-1cm]{Fabrik1}{ProduktB1}

    \umlVHVdep[arm1=-1.8cm,arm2=-1.5cm]{Fabrik2}{ProduktA2}
    \umlVHVdep[arm2=-1.5cm]{Fabrik2}{ProduktB2}

    \umluniassoc[anchor2=25]{Klient}{AbstrakteFabrik}
    \umlVHuniassoc[arm1=-1cm]{Klient}{AbstraktesProduktA}
    \umlVHuniassoc{Klient}{AbstraktesProduktB}
  \end{tikzpicture}
}
```

2.10.2 Adapter

\liEntwurfsAdapterUml




```
\def\liEntwurfsAdapterUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlsimpleclass[x=1,y=3]{Klient}{}{}
    \umlclass[x=4,y=3,type=interface]{Ziel}{}{agiere()}
    \umlclass[x=4,y=0]{Adapter}{}{agiere()}
    \umlclass[x=8,y=1.5]{Dienst}{}{agiereSpeziell()}

    \umlreal{Adapter}{Ziel}
    \umluniassoc{Klient}{Ziel}
    \umlinherit{Adapter}{Dienst}

    \umlnote[x=7,y=-1,width=2cm]{Adapter}{agiereSpeziell()}
  \end{tikzpicture}
  \footcite[so ähnlich wie GoF]{wiki:adapter}
}
```

\liEntwurfsAdapterAkteure

Ziel (Target) Das Ziel definiert die Schnittstelle, die der Klient nutzen kann.

Klient (Client) Der Klient nutzt Dienste über inkompatible Schnittstellen und greift dabei auf adaptierte Schnittstellen zurück.

Dienst (Adaptee) Der Dienst bietet wiederzuverwendende Dienstleistungen mit fest definierter Schnittstelle an.

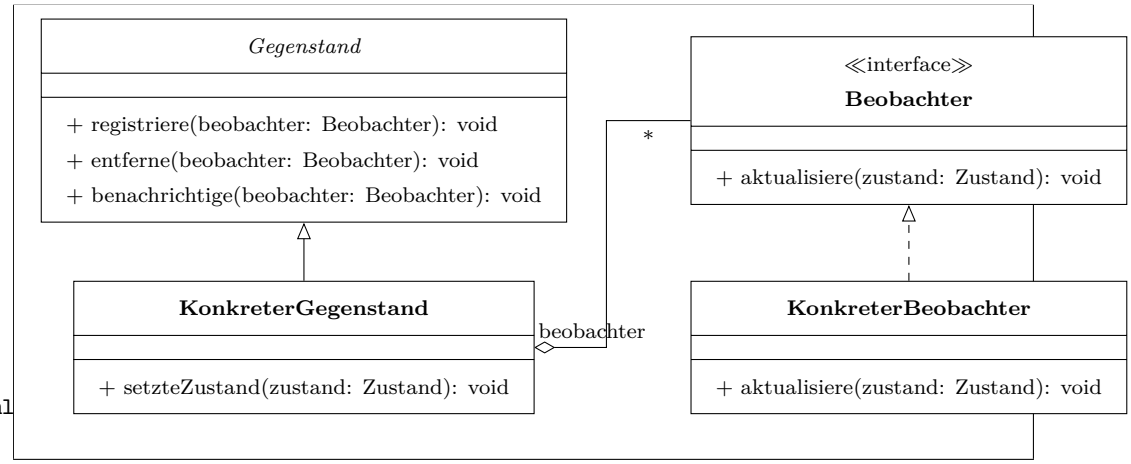
Adapter Der Adapter adaptiert die Schnittstelle des Dienstes auf die Schnittstelle zum Klienten.

```
\def\liEntwurfsAdapterAkteure{
  \begin{description}

    \item[Ziel (Target)]
```

```
    Das Ziel definiert die Schnittstelle, die der Klient nutzen kann.

    \item[Klient (Client)]

    Der Klient nutzt Dienste über inkompatible Schnittstellen und greift
    dabei auf adaptierte Schnittstellen zurück.

    \item[Dienst (Adaptee)]

    Der Dienst bietet wiederzuverwendende Dienstleistungen mit fest
    definierter Schnittstelle an.

    \item[Adapter]

    Der Adapter adaptiert die Schnittstelle des Dienstes auf die
    Schnittstelle zum Klienten.\footcite{wiki:adapter}

  \end{description}
}
```

2.10.3 Beobachter

\liEntwurfsBeobachterUml




```
\def\liEntwurfsBeobachterUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlclass[x=0,y=0,type=abstract]{Gegenstand}{}{
      + registriere(beobachter: Beobachter): void\\
      + entferne(beobachter: Beobachter): void\\
      + benachrichtige(beobachter: Beobachter): void\\
    }
    \umlclass[x=0,y=-3]{KonkreterGegenstand}{}{
      + setzteZustand(zustand: Zustand): void
    }
    \umlinherit{KonkreterGegenstand}{Gegenstand}

    \umlclass[x=8,y=0,type=interface]{Beobachter}{}{
      + aktualisiere(zustand: Zustand): void
    }
    \umlclass[x=8,y=-3]{KonkreterBeobachter}{}{
      + aktualisiere(zustand: Zustand): void
    }
    \umlreal{KonkreterBeobachter}{Beobachter}

    \umlHVHaggreg[arg1=beobachter,pos1=0.8,mult2=*,pos2=2.5]
    {KonkreterGegenstand}{Beobachter}
  \end{tikzpicture}
}
```

\liEntwurfsBeobachterAkteure

Gegenstand / Subjekt (Subject / Observable) Ein Subjekt (beobachtbares Objekt, auf Englisch publisher, also „Veröffentlicher“, genannt) hat eine Liste von Beobachtern, ohne deren konkrete Typen zu kennen. Es bietet eine Schnittstelle zur An- und Abmeldung von Beobachtern und eine Schnittstelle zur Benachrichtigung von Beobachtern über Änderungen an.

Beobachter (Observer) Die Beobachter (auf Englisch auch subscriber, also „Abonnent“, genannt) definieren eine Aktualisierungsschnittstelle.

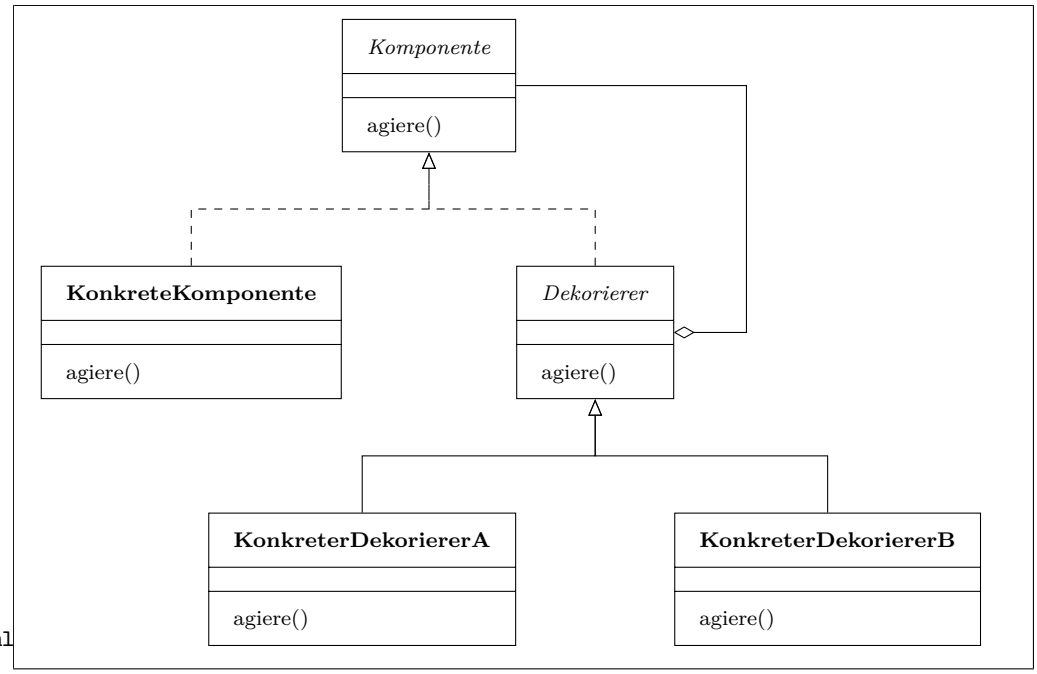
konkreter/s Gegenstand / Subjekt (ConcreteSubject / ConcreteObservable) Ein konkretes Subjekt (konkretes, beobachtbares Objekt) speichert den relevanten Zustand und benachrichtigt alle Beobachter bei Zustandsänderungen über deren Aktualisierungsschnittstelle. Es verfügt über eine Schnittstelle zur Erfragung des aktuellen Zustands.

Konkrete Beobachter (ConcreteObserver) Konkrete Beobachter verwalten die Referenz auf ein konkretes Subjekt, dessen Zustand sie beobachten und speichern und dessen Zustand konsistent ist. Sie implementieren eine Aktualisierungsschnittstelle unter Verwendung der Abfrageschnittstelle des konkreten Subjekts.

```
\def\liEntwurfsBeobachterAkteure{
  \begin{description}
    \item[Gegenstand / Subjekt (Subject / Observable)]

    Ein Subjekt (beobachtbares Objekt, auf Englisch publisher, also
    „Veröffentlicher", genannt) hat eine Liste von Beobachtern, ohne
    deren konkrete Typen zu kennen. Es bietet eine Schnittstelle zur An-
    und Abmeldung von Beobachtern und eine Schnittstelle zur
    Benachrichtigung von Beobachtern über Änderungen an.\footcite[Seite
    251]{gof}

    \item[Beobachter (Observer)]

    Die Beobachter (auf Englisch auch subscriber, also „Abonnent",
    genannt) definieren eine Aktualisierungsschnittstelle.

    \item[konkreter/s Gegenstand / Subjekt (ConcreteSubject / ConcreteObservable)]

    Ein konkretes Subjekt (konkretes, beobachtbares Objekt) speichert
    den relevanten Zustand und benachrichtigt alle Beobachter bei
    Zustandsänderungen über deren Aktualisierungsschnittstelle. Es
    verfügt über eine Schnittstelle zur Erfragung des aktuellen
    Zustands.

    \item[Konkrete Beobachter (ConcreteObserver)]

    Konkrete Beobachter verwalten die Referenz auf ein konkretes
    Subjekt, dessen Zustand sie beobachten und speichern und dessen
    Zustand konsistent ist. Sie implementieren eine
    Aktualisierungsschnittstelle unter Verwendung der
    Abfrageschnittstelle des konkreten Subjekts.
    \footcite{wiki:beobachter}
  \end{description}
}
```

2.10.4 Dekorierer

\liEntwurfsDekoriererUml

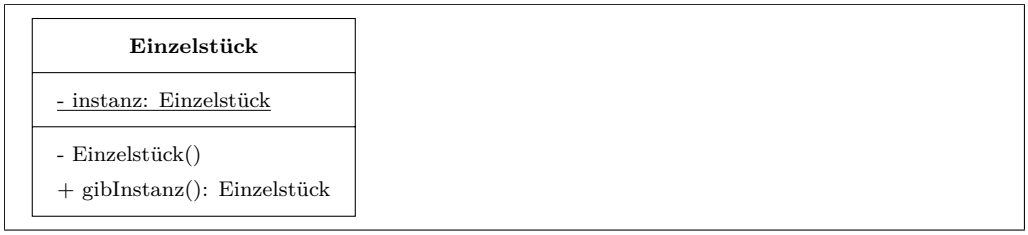



```
\def\liEntwurfsDekoriererUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlclass[type=abstract]{Komponente}{}{agiere()}
    \umlclass[below left=1.5cm and 0cm of Komponente]{KonkreteKomponente}{}{agiere()}
    \umlclass[below right=1.5cm and 0cm of Komponente,type=abstract]{Dekorierer}{}{agiere()}

    \umlVHVreal{KonkreteKomponente}{Komponente}
    \umlVHVreal{Dekorierer}{Komponente}

    \umlclass[below left=1.5cm and 0cm of Dekorierer]{KonkreterDekoriererA}{}{agiere()}
    \umlclass[below right=1.5cm and 0cm of Dekorierer]{KonkreterDekoriererB}{}{agiere()}

    \umlVHVinherit{KonkreterDekoriererA}{Dekorierer}
    \umlVHVinherit{KonkreterDekoriererB}{Dekorierer}

    \umlHVHaggreg[arm1=2cm]{Dekorierer}{Komponente}
    \footcite{wiki:dekorierer}
  \end{tikzpicture}
}
```

2.10.5 Einzelstück

\liEntwurfsEinzelstueckUml

Quelle nach der deutschen Wikipedia




```
\def\liEntwurfsEinzelstueckUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlclass{Einzelstück}{
    \umlstatic{- instanz: Einzelstück}\\
    }{
    - Einzelstück()\\
    + gibInstanz(): Einzelstück
    }
  \end{tikzpicture}
```

```
}
```

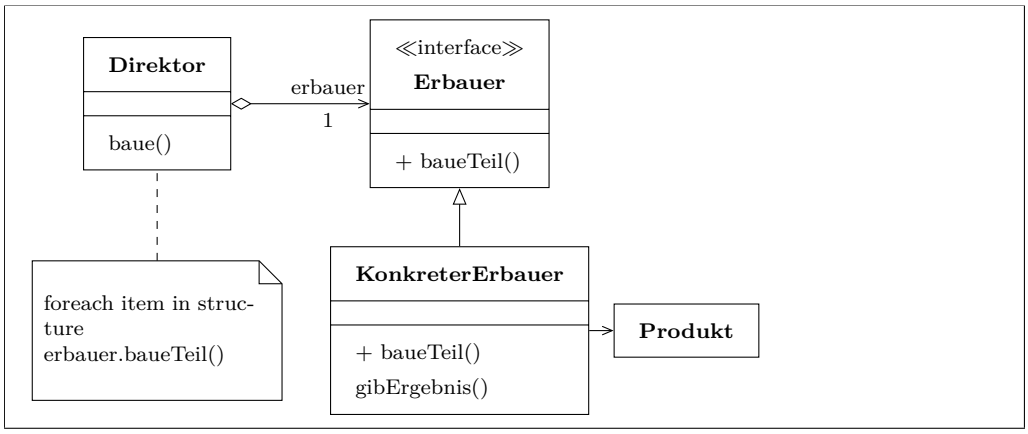
iEntwurfsEinzelstueckAkteure Quelle: frei überstetzt aus GoF

Einzelstück (Singleton) stellt eine statische Methode bereit, mit deren Hilfe die Klienten nur auf eine einzige Instanz der Klasse zugreifen können.

```
\def\liEntwurfsEinzelstueckAkteure{
  \begin{description}
    \item[Einzelstück (Singleton)]

    stellt eine statische Methode bereit, mit deren Hilfe die Klienten
    nur auf eine einzige Instanz der Klasse zugreifen können.
  \end{description}
}
```

2.10.6 Erbauer

\liEntwurfsErbauerUml Quelle nach der deutschen Wikipedia




```
\def\liEntwurfsErbauerUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlsimpleclass[x=7,y=0]{Produkt}{}{}
    \umlclass[x=4,y=3,type=interface]{Erbauer}{}{+ baueTeil()}
    \umlclass[x=4,y=0]{KonkreterErbauer}{}{
      + baueTeil()\\
      gibErgebnis()}
    \umlclass[x=0,y=3]{Direktor}{}{baue()}

    \umluniaggreg[arg2=erbauer,pos2=0.7,mult2=1]{Direktor}{Erbauer}
    \umluniassoc{KonkreterErbauer}{Produkt}
    \umlinherit{KonkreterErbauer}{Erbauer}

  \umlnote[x=0,y=0,width=3cm]{Direktor}{
    foreach item in structure\\
    erbauer.baueTeil()
  }
  \end{tikzpicture}
  \footcite{wiki:erbauer}
}
```

\liEntwurfsErbauerAkteure Quelle: deutsche Wikipedia

Erbauer Der Erbauer spezifiziert eine abstrakte Schnittstelle zur Erzeugung der Teile eines komplexen Objektes.

KonkreterErbauer Der konkrete Erbauer erzeugt die Teile des komplexen Objekts durch Implementierung der Schnittstelle. Außerdem definiert und verwaltet er die von ihm erzeugte Repräsentation des Produkts. Er bietet auch

eine Schnittstelle zum Auslesen des Produkts.

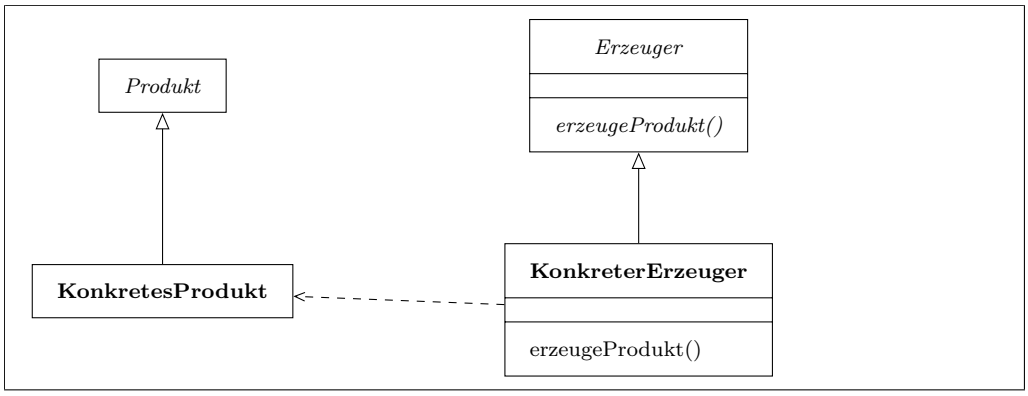
Direktor Der Direktor konstruiert ein komplexes Objekt unter Verwendung der Schnittstelle des Erbauers. Der Direktor arbeitet eng mit dem Erbauer zusammen: Er weiß, welche Baureihenfolge der Erbauer verträgt oder benötigt. Der Direktor entkoppelt somit den Konstruktionsablauf vom Klienten.

Produkt Das Produkt repräsentiert das zu konstruierende komplexe Objekt.

```
\def\liEntwurfsErbauerAkteure{
  \begin{description}
    \item[Erbauer]

    Der Erbauer spezifiziert eine abstrakte Schnittstelle zur Erzeugung der
    Teile eines komplexen Objektes.

    \item[KonkreterErbauer]

    Der konkrete Erbauer erzeugt die Teile des komplexen Objekts durch
    Implementierung der Schnittstelle. Außerdem definiert und verwaltet er
    die von ihm erzeugte Repräsentation des Produkts. Er bietet auch eine
    Schnittstelle zum Auslesen des Produkts.

    \item[Direktor]

    Der Direktor konstruiert ein komplexes Objekt unter Verwendung der
    Schnittstelle des Erbauers. Der Direktor arbeitet eng mit dem Erbauer
    zusammen: Er weiß, welche Baureihenfolge der Erbauer verträgt oder
    benötigt. Der Direktor entkoppelt somit den Konstruktionsablauf vom
    Klienten.

    \item[Produkt]

    Das Produkt repräsentiert das zu konstruierende komplexe Objekt.
    \footcite{wiki:erbauer}
  \end{description}
}
```

2.10.7 Fabrikmethode

`\liEntwurfsFabrikmethodeUml` Quelle nach der deutschen Wikipedia




```
\def\liEntwurfsFabrikmethodeUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlsimpleclass[type=abstract]{Produkt}
    \umlsimpleclass[below=2cm of Produkt]{KonkretesProdukt}
    \umlinherit{KonkretesProdukt}{Produkt}

    \umlclass[type=abstract,right=4cm of Produkt]{Erzeuger}{}{
      \textit{erzeugeProdukt()}\\
```

```
    }
    \umlclass[below=1.2cm of Erzeuger]{KonkreterErzeuger}{}{
    erzeugeProdukt()
    }
    \umlinherit{KonkreterErzeuger}{Erzeuger}

    \umldep{KonkreterErzeuger}{KonkretesProdukt}
  \end{tikzpicture}
}
```

`EntwurfsFabrikmethodeAkteure` Quelle: deutsche Wikipedia

Produkt Das Produkt ist der Basistyp (Klasse oder Schnittstelle) für das zu erzeugende Produkt.

KonkretesProdukt KonkretesProdukt implementiert die Produkt-Schnittstelle.

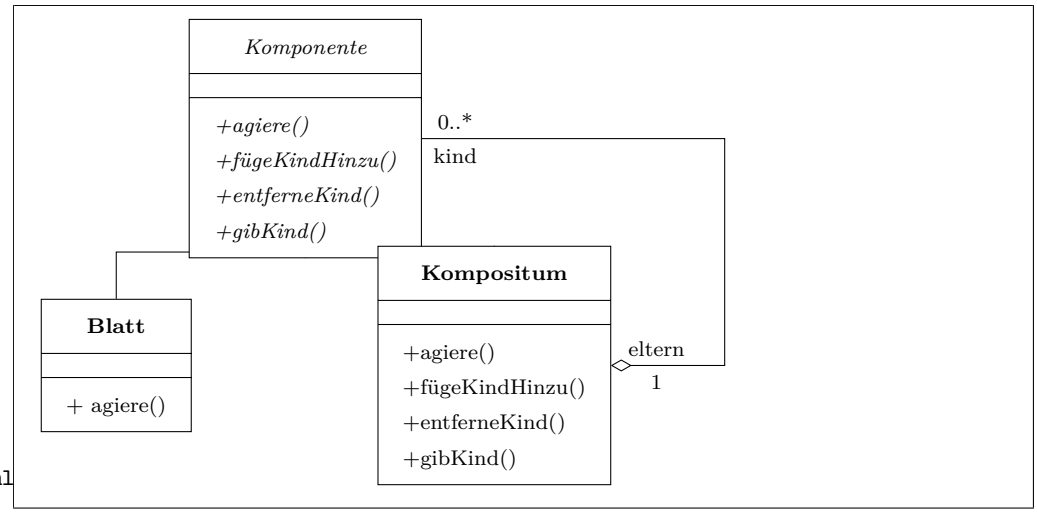
Erzeuger Der Erzeuger deklariert die Fabrikmethode, um ein solches Produkt zu erzeugen und kann eine Default-Implementierung beinhalten.

KonkreterErzeuger KonkreterErzeuger überschreibt die Fabrikmethode, um die ihm entsprechenden konkreten Produkte zu erzeugen (z. B. indem er den Konstruktor einer konkreten Produkt-Klasse aufruft).

```
  \def\liEntwurfsFabrikmethodeAkteure{
    \begin{description}
      \item[Produkt]

      Das Produkt ist der Basistyp (Klasse oder Schnittstelle) für das
      zu erzeugende Produkt.

      \item[KonkretesProdukt]

      KonkretesProdukt implementiert die Produkt-Schnittstelle.

      \item[Erzeuger]

      Der Erzeuger deklariert die Fabrikmethode, um ein solches Produkt
      zu erzeugen und kann eine Default-Implementierung beinhalten.

      \item[KonkreterErzeuger]

      KonkreterErzeuger überschreibt die Fabrikmethode, um die ihm
      entsprechenden konkreten Produkte zu erzeugen (z. B. indem er den
      Konstruktor einer konkreten Produkt-Klasse aufruft).

      \footcite{wiki:fabrikmethode}
    \end{description}
  }

```

2.10.8 Kompositum

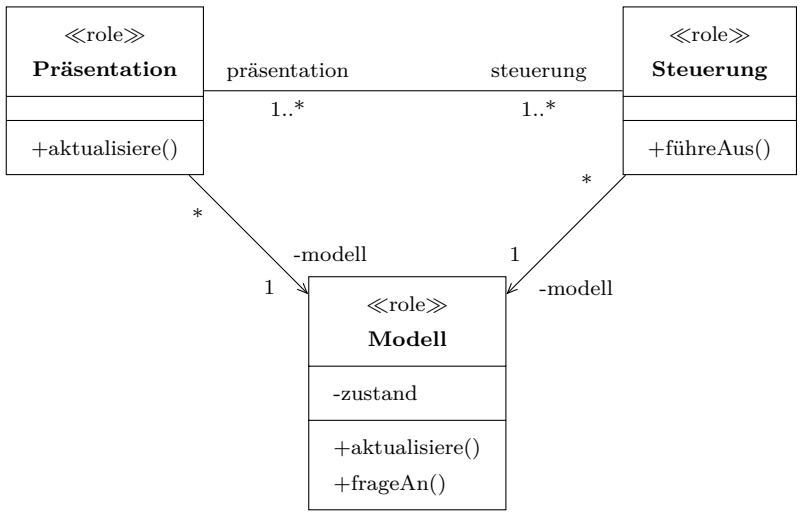
\liEntwurfsKompositumUml




```
\def\liEntwurfsKompositumUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlclass[x=2.5,y=3,type=abstract]{Komponente}{}{
      \textit{+agiere()}\\
      \textit{+fügeKindHinzu()}\\
      \textit{+entferneKind()}\\
      \textit{+gibKind()}
    }
    \umlclass[x=0]{Blatt}{}{+ agiere()}
    \umlclass[x=5]{Kompositum}{}{
      +agiere()\\
      +fügeKindHinzu()\\
      +entferneKind()\\
      +gibKind()
    }

    \umlVHVinherit{Kompositum}{Komponente}
    \umlVHVinherit{Blatt}{Komponente}
    \umlHVHaggreg[anchor1=east,arm1=1.5cm,arg1=eltern,mult1=1,arg2=kind,mult2=0..*,pos2=2.9,p
  \end{tikzpicture}
}
```

2.10.9 Modell-Präsentation-Steuerung

odellPraesentationSteuerungUml



[a]

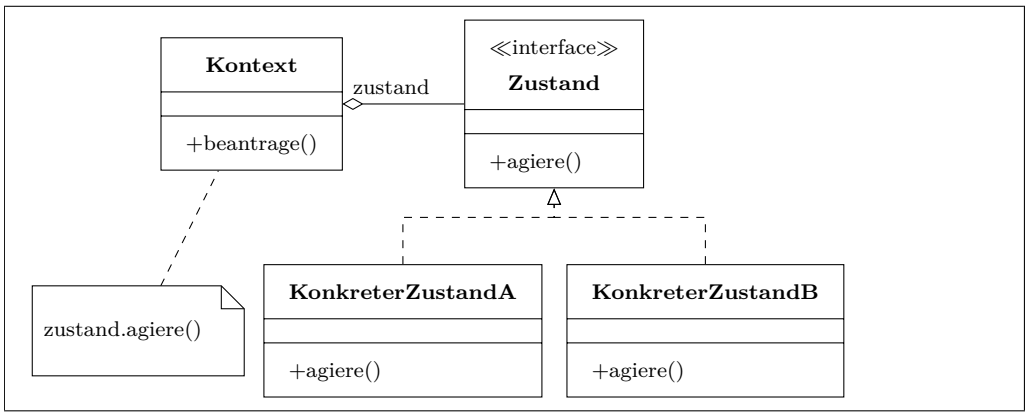
[a] http://www.cs.sjsu.edu/~pearce/modules/lectures/ood2/mvc/index.htm

```
\def\liEntwurfsModellPraesentationSteuerungUml{
  \begin{tikzpicture}
```

```
    \umlclass[x=-4cm,type=role]{Präsentation}{}{+aktualisiere()}
    \umlclass[x=4cm,type=role]{Steuerung}{}{+führeAus()}
    \umlclass[y=-4cm,type=role]{Modell}{
      -zustand
    }{
      +aktualisiere()\\
      +frageAn()
    }

    \umluniassoc[arg2=-modell,mult2=1,mult1=*]{Präsentation}{Modell}
    \umluniassoc[arg2=-modell,mult2=1,mult1=*]{Steuerung}{Modell}
    \umlassoc[arg1=präsentation,mult1=1..*,arg2=steuerung,mult2=1..*]{Präsentation}{Steuerung
  \end{tikzpicture}
  \liFussnoteUrl{http://www.cs.sjsu.edu/~pearce/modules/lectures/ood2/mvc/index.htm}
}
```

2.10.10 Zustand

`\liEntwurfsZustandUml` Quelle: Englische Wikipedia, so ähnlich wie in GoF




```
\def\liEntwurfsZustandUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlclass[x=-1,y=3]{Kontext}{}{+beantrage()}
    \umlclass[x=3,y=3,type=interface]{Zustand}{}{+agiere()}
    \umlclass[x=1,y=0]{KonkreterZustandA}{}{+agiere()}
    \umlclass[x=5,y=0]{KonkreterZustandB}{}{+agiere()}

    \umlVHVreal{KonkreterZustandA}{Zustand}
    \umlVHVreal{KonkreterZustandB}{Zustand}

    \umlaggreg[arg=zustand,pos=0.4]{Kontext}{Zustand}

    \umlnote[x=-2.5,y=0,width=2.5cm]{Kontext}{zustand.agiere()}
  \end{tikzpicture}
}
```

`\liEntwurfsZustandAkteure` Quelle: Deutsche Wikipedia

Kontext (Context) definiert die clientseitige Schnittstelle und verwaltet die separaten Zustandsklassen.

State (Zustand) definiert eine einheitliche Schnittstelle aller Zustandsobjekte und implementiert gegebenenfalls ein Standardverhalten.

KontreterZustand (ConcreteState) implementiert das Verhalten, das mit dem Zustand des Kontextobjektes verbunden ist.

```
\def\liEntwurfsZustandAkteure{
  \begin{description}
    \item[Kontext (Context)]
```

```
936
937     definiert die clientseitige Schnittstelle und verwaltet die separaten
938     Zustandsklassen.
939
940     \item[State (Zustand)]
941
942     definiert eine einheitliche Schnittstelle aller Zustandsobjekte und
943     implementiert gegebenenfalls ein Standardverhalten.
944
945     \item[KontreterZustand (ConcreteState)]
946
947     implementiert das Verhalten, das mit dem Zustand des Kontextobjektes
948     verbunden ist.
949   \end{description}
950 }
951
```

2.11 er.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-er}[2020/06/13 Zum Setzen von
ER-Diagrammen]

\RequirePackage{tikz-er2}
\usetikzlibrary{positioning}

\begin{tikzpicture}[er2,scale=0.7,transform shape]
% Person
\node[entity] (Person) {Person};
\node[attribute,right=1cm of Person] {\key{E-Mail}} edge (Person);
\node[multi attribute,above left=1cm of Person] {Vornamen} edge (Person);
\node[attribute,left=1cm of Person] {Nachnamen} edge (Person);
\node[attribute,above right=1cm of Person] {Geburtsdatum} edge (Person);

% Kunde
\node[entity,below left=1cm of Person] (Kunde) {Kunde};

% Händler
\node[entity,below right=1cm of Person] (Händler) {Händler};

\node[specialization,below=0.2cm of Person]{is-a}
  edge (Kunde) edge (Händler) edge (Person);

% Transaktion
\node[relationship,below=2cm of Person] (Transaktion) {Transaktion}
  edge node[auto]{1} (Kunde)
  edge node[auto]{1} (Händler);
\node[attribute,below=1cm of Transaktion] {Preis} edge (Transaktion);
\node[attribute,left=1cm of Transaktion,text width=2cm] {Abschlussdatum} edge (Transaktion);
\node[attribute,right=1cm of Transaktion] {Lieferadresse} edge (Transaktion);

% Zahlungsmittel
\node[entity,below=4cm of Händler] (Zahlungsmittel) {Zahlungsmittel}
  edge node[auto]{1} (Transaktion);
\node[attribute,right=1cm of Zahlungsmittel] {Inhaber} edge (Zahlungsmittel);

% Bankverbindung
\node[entity,below left=1cm and 0cm of Zahlungsmittel] (Bankverbindung) {Bankverbindung};
\node[attribute,below left=1cm of Bankverbindung] {\key{IBAN}} edge (Bankverbindung);

% Kreditkarte
\node[entity,below right=3cm and -2cm of Zahlungsmittel]
(Kreditkarte) {Kreditkarte};

\node[attribute,below left=1cm of Kreditkarte]
{\key{Nummer}} edge (Kreditkarte);

\node[attribute,below right=1cm of Kreditkarte,text width=2cm]
{Ablaufdatum} edge (Kreditkarte);

\node[attribute,right=1cm of Kreditkarte]
{Anbieter} edge (Kreditkarte);

\node[generalization,below=0.8cm of Zahlungsmittel]{is-a}
  edge (Zahlungsmittel) edge (Bankverbindung) edge (Kreditkarte);

% Produkt
\node[entity,below=4cm of Kunde] (Produkt) {Produkt}
  edge node[auto]{1} (Transaktion);
\node[attribute,left=1cm of Produkt] {\key{Bezeichnung}} edge (Produkt);
\node[attribute,below left=1cm of Produkt,text width=2cm] {Beschreibungstext} edge (Produkt);
\node[attribute,above left=1cm of Produkt] {Bewertung} edge (Produkt);
```

```
\end{tikzpicture}
```

```
\RequirePackage{soul}
\RequirePackage{fontawesome}
```

Let-Abkürzungen

```
\let\a=\liErMpAttribute
\let\d=\liErDatenbankName
\let\e=\liErMpEntity
\let\r=\liErMpRelationship
```

```
\ExplSyntaxOn
```

`\liErEntity`

```
\def\liErEntity#1{\textbf{#1}}
```

`\liErRelationship`

```
\def\liErRelationship#1{\ul{#1}}
```

`\liErAttribute`

```
\def\liErAttribute#1{\emph{#1}}
```

`\liErMpEntity` mp = marginpar
Let-Abkürzung: `\let\e=\liErMpEntity`

```
\def\liErMpEntity#1{
  \liErEntity{#1}
  \marginpar{
    \liErEntity{\tiny\faSquareO{}~E:~#1}
  }
}
```

□

`\liErMpRelationship` **Let-Abkürzung:** `\let\r=\liErMpRelationship`

```
\def\liErMpRelationship#1{
  \liErRelationship{#1}
  \marginpar{
    \liErRelationship{\tiny\faGg{}~R:~#1}
  }
}
```

`\liErMpAttribute` **Let-Abkürzung:** `\let\a=\liErMpAttribute`

```
\def\liErMpAttribute#1{
  \liErAttribute{#1}
  \marginpar{
    \liErAttribute{\tiny\faCircleThin{}~A:~#1}
  }
}
```

`\liErDatenbankName` **Let-Abkürzung:** `\let\d=\liErDatenbankName`
datenbank name

```
\def\liErDatenbankName#1{
  {
    \footnotesize\texttt{(#1)}
  }
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

2.12 formale-sprachen.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-formale-sprachen}[2021/02/21 Hilfsmakros
zum Setzen von mathematischen Formeln bei dem Thema Formale Sprachen]

\directlua{
  formale_sprachen = require('lehramt-informatik-formale-sprachen')
}

\RequirePackage{hyperref}
\RequirePackage{lehramt-informatik-mathe}
```

`\liMenge` `$\liMenge{a, b, c}$`: $\{a, b, c\}$
Let-Abkürzung: `\let\m=\liMenge`

```
\def\liMengeOhneMathe#1{\{ #1 \}}
\def\liMenge#1{%
\ifmmode%
\liMengeOhneMathe{#1}%
\else%
$\liMengeOhneMathe{#1}$%
\fi%
}
```

`\liEpsilon` `\liEpsilon`: ε
Let-Abkürzung: `\let\e=\liEpsilon`

```
\def\liEpsilon{$\varepsilon$}
```

`\liPotenzmenge` Umgeben mit geschweiften Klammern in einer Mathematik-Umgebung

```
\def\erzeuge@tiefgestellt#1{\directlua{formale_sprachen.erzeuge_tiefgestellt('#1')}}
\def\liPotenzmengeOhneMathe#1{\{ \erzeuge@tiefgestellt{#1} \}}
\def\liPotenzmenge#1{$\liPotenzmengeOhneMathe{#1}$}
```

`\liZustandsmenge` `\liZustandsmenge{z1, z2}`: `$\{ z_1, z_2 \}$`

```
\let\liZustandsmengeOhneMathe=\liPotenzmengeOhneMathe
\let\liZustandsmenge=\liPotenzmenge
```

`\liUeberfuehrungsFunktion` `\liUeberfuehrungsFunktion{z0, a}`: `$\delta(z_0, a)$`
Let-Abkürzung: `\let\d=\liUeberfuehrungsFunktion`

```
\def\liUeberfuehrungsFunktionOhneMathe#1{\delta(\erzeuge@tiefgestellt{#1})}
\def\liUeberfuehrungsFunktion#1{
\ifmmode
  \liUeberfuehrungsFunktionOhneMathe{#1}
\else
  $\liUeberfuehrungsFunktionOhneMathe{#1}$
\fi
}
```

`\liAlphabet` `\liAlphabet{a, b}` (`$\Sigma = \{ a, b \}$`): $\Sigma = \{a, b\}$

```
\def\liAlphabet#1{$\Sigma = \{ #1 \}$}
```

`\liBandAlphabet` `\liBandAlphabet{\liTuringLeerzeichen}`: $\Gamma = \Sigma \cup \{\Box\}$

```
\def\liBandAlphabet#1{$\Gamma = \Sigma \cup \{ #1 \}$}
```

`\liZustandsBuchstabe`

```
\def\liZustandsBuchstabe{z}
```

`\liZustandsBuchstabeGross`

```
\def\liZustandsBuchstabeGross{Z}
```

`\liZustandsmengeNr`

```
\def\zustandsnamens@liste#1#2{
  $
    \{
      \directlua{formale_sprachen.erzeuge_zustandsnamens_liste('#1', '#2')}
    \}
  $
}
\def\liZustandsmengeNr#1{\zustandsnamens@liste{\liZustandsBuchstabe}{#1}}
```

`\liZustandsmengeNrGross`

```
\def\liZustandsmengeNrGross#1{\zustandsnamens@liste{\liZustandsBuchstabeGross}{#1}}
```

`\liZustandsname` `\liZustandsname{1}`: `$z_1$`

```
\def\liZustandsname#1{$\liZustandsBuchstabe_#1$}
```

`\liZustandsnameGross` `\liZustandsnameGross{1}`: `$Z_1$`

```
\def\liZustandsnameGross#1{$\liZustandsBuchstabeGross_#1$}
```

`\liAbleitung` `\liAbleitung{S -> aB -> ab}`: $S \vdash aB \vdash ab$

```
\def\liAbleitung#1{$\directlua{formale_sprachen.formatiere_ableitung('#1')}$}
```

`liProduktionsRegeln`

```
\begin{liProduktionsRegeln}[P_1]
  S -> S A B | EPSILON,
  B A -> A B,
  A A -> a a,
  B B -> b b
\end{liProduktionsRegeln}
```

```
\NewDocumentEnvironment { liProduktionsRegeln }
{ O{P} +b }
{
  \noindent
  $#1 = \{$
  \vspace{-0.2cm}
  \begin{align*}
    \directlua{formale_sprachen.produktions_regeln('#2')}
  \end{align*}
  \vspace{-1.5cm}
  \begin{flushright}\}\end{flushright}
} {}
```

`\liProduktionen` `\liProduktionen{S -> A, A -> a}`: $\{S \to A, A \to a\}$

```
\def\liProduktionen#1{
  \liMenge{\directlua{formale_sprachen.produktions_regeln('#1', true)}}
}
```

`\liZustandsnameTiefgestellt` Automatisch tiefgestellte Nummerierung `\z1`
Let-Abkürzung: `\let\z=\liZustandsnameTiefgestellt`

```
\def\liZustandsnameTiefgestellt#1{
  \ifmmode
    \liZustandsBuchstabe\sb{#1}
  \else
    $\liZustandsBuchstabe\sb{#1}$
  \fi
}
```

```
\ExplSyntaxOn
```

`\liAusdruck` `\liAusdruck[L_2]{a_1,a_2,\dots,a_n}{n \in N}`: $L_2 = \{\, a_1, a_2, \ldots, a_n \mid n \in N \,\}$
Ohne „=“: `\liAusdruck[]{x}{y}`: $\{\, x \mid y \,\}$
Regulärer Ausdruck zum Konvertieren:

```
\$(.*) += +\\\{ *(.*?)( *\\, *)?\|( *\\, *)?(.*?) *\\\}\$
\\liAusdruck[$1]{$2}{$5}
```

```
\NewDocumentCommand{ \liAusdruck } { O{L} m m } {
  $
   \tl_if_empty:nTF {#1} {} {#1 =}
   \{
    \, #2 \,
    |
    \, #3 \,
  \}$
}
\ExplSyntaxOff
```

`\liFlaci` Link zur flaci.com Website: `\liFlaci{Grxk1oczg}`:

Der Automat auf flaci.com (FLACI: Formale Sprachen, abstrakte Automaten, Compiler und Interpreter) Ein Projekt der Hochschule Zittau/Görlitz und der Pädagogischen Hochschule Schwyz: flaci.com/Grxk1oczg

```
\def\liFlaci#1{%
  \par
  {%
    \scriptsize
    Der Automat auf flaci.com (FLACI: Formale Sprachen, abstrakte
    Automaten, Compiler und Interpreter) Ein Projekt der Hochschule
    Zittau/Görlitz und der Pädagogischen Hochschule Schwyz:
    \href{https://flaci.com/#1}{flaci.com/#1}%
  }%
  \par
}
```

`\liGrammatik` `\liGrammatik[`⟨*grammtik-name*⟩`]{`⟨*variablen=V,alphabet=Σ,produktionen=P,start=S*⟩`}`
`\liGrammatik{variablen={}, alphabet={}}`

- `\liGrammatik{}`: $G = (V, \Sigma, P, S)$
- `\liGrammatik[G_1]{}`: $G_1 = (V, \Sigma, P, S)$
- `\liGrammatik{variablen={S,A,B}}`: $G = (\{S, A, B\}, \Sigma, P, S)$
- `\liGrammatik{alphabet={a,b}}`: $G = (V, \{a, b\}, P, S)$
- `\liGrammatik{start=X}`: $G = (V, \Sigma, P, X)$

```
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentCommand {\liGrammatik} { O{G} m } {
  \tl_set:Nn \l_variablen_tl {V}
  \tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\Sigma}
  \tl_set:Nn \l_produktionen_tl {P}
  \tl_set:Nn \l_start_tl {S}

  \keys_define:nn { grammatik } {
    variablen .code:n = {\tl_set:Nn \l_variablen_tl {\liMenge{##1}}},
    alphabet .code:n = {\tl_set:Nn \l_alphabet_tl {\liMenge{##1}}},
    produktionen .code:n = {\tl_set:Nn \l_produktionen_tl {\liProduktionen{##1}}},
    start .code:n = {\tl_set:Nn \l_start_tl {##1}},
  }

  \keys_set:nn { grammatik } { #2 }

  $#1 = (
    \l_variablen_tl,
    \l_alphabet_tl,
    \l_produktionen_tl,
    \l_start_tl
  )$
```

```
}
\ExplSyntaxOff
```

2.13 formatierung.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-formatierung}[2020/11/27]
```

2.13.1 Schriftarten / Typographie

```
\RequirePackage{mathpazo}
\RequirePackage[no-math]{fontspec}
\setmainfont{texgyrepagella}
\setsansfont{QTAncientOlive}
\RequirePackage{sectsty}
\allsectionsfont{\fontspec{QTAncientOlive}}
```

2.13.2 Farben

```
\RequirePackage{xcolor}
\definecolor{infogray}{rgb}{0.97,0.97,0.97}
```

2.13.3 Überschriften

```
\RequirePackage{titlesec}
\titleformat{\chapter}[display]{\sffamily\bfseries}{}{0pt}{\LARGE}
\titlespacing{\chapter}{0pt}{0pt}{*1}
\titleformat{\paragraph}[hang]{\sffamily\normalsize\bfseries}{\theparagraph}{1em}{}
\setcounter{secnumdepth}{0}
```

2.13.4 Listen

```
\RequirePackage{paralist}
\renewcommand\labelitemi{-}
\renewcommand\labelitemii{-}
\renewcommand\labelitemiii{-}
\renewcommand\labelitemiv{-}
% Counter: enumi enumii enumiii enumiv
% Styles: \arabic{counter} \alph{counter} \Alph{counter} \roman{counter} \Roman{counter}
\renewcommand{\labelenumi}{(\alph{enumi})}
\renewcommand{\labelenumii}{(\roman{enumii})}
```

2.13.5 Kasten

```
\RequirePackage{mdframed}
\mdfsetup{backgroundcolor=infogray}
```

liKasten

```
\NewDocumentEnvironment { liKasten }{ } {
  \begin{mdframed}[backgroundcolor=white!0]
} {
  \end{mdframed}
}
```

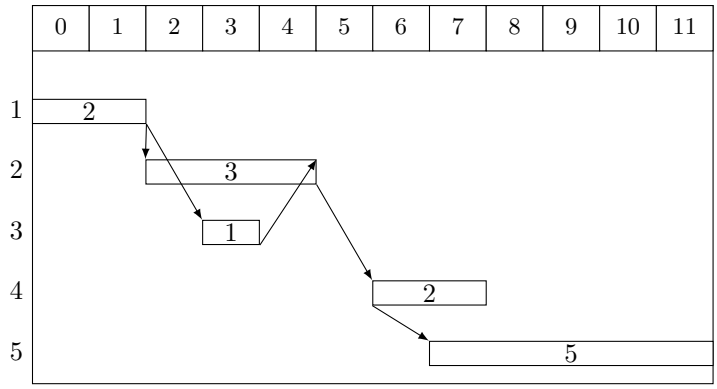
2.13.6 Header

```
\RequirePackage{fancyhdr}
\fancyhead[L,C,R]{}
\fancyfoot[L]{}
\fancyfoot[C]{}
\fancyfoot[R]{\thepage}
\pagestyle{fancy}
\renewcommand{\headrulewidth}{0pt}
\renewcommand{\footrulewidth}{0pt}
```

2.14 gantt.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-gantt}[2020/09/05]
```

```
\begin{ganttchart}[x unit=0.75cm, y unit chart=0.8cm]{0}{11}
\ganttitlelist{0,...,11}{1} \\
\ganttbar[name=1]{1}{0}{1} \\
\ganttbar[name=2]{2}{2}{4} \\
\ganttbar[name=3]{3}{3}{3} \\
\ganttbar[name=4]{4}{6}{7} \\
\ganttbar[name=5]{5}{7}{11}

\node at (1) {2};
\node at (2) {3};
\node at (3) {1};
\node at (4) {2};
\node at (5) {5};

\ganttlink[link type=f-f]{3}{2}
\ganttlink[link type=f-s]{1}{2}
\ganttlink[link type=f-s]{1}{3}
\ganttlink[link type=f-s]{2}{4}
\ganttlink[link type=s-s]{4}{5}
\end{ganttchart}
```




```
\RequirePackage{tikz-uml}
\RequirePackage{pgfgantt}
\setganttlinklabel{f-s}{}
\setganttlinklabel{s-s}{}
\setganttlinklabel{f-f}{}
\setganttlinklabel{s-f}{}
```

2.15 grafik.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-grafik}[2020/12/27 Lädt das Paket
TikZ, um Grafiken zeichnen zu können.]
\RequirePackage{tikz}

```

2.16 graph.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-graph}[2020/06/09]
\RequirePackage{tikz}
```

Für die die Adjazenzliste (xrightarrow)

```
\RequirePackage{amsmath}
```

Für Adjazenz-Matrix

```
\[
\begin{blockarray}{cccccc}
   & a & b & c & d & e \\
\begin{block}{c(ccccc)}
 a & 0 & 1 & 0 & 4 & 0 \\
 b & 0 & 0 & 0 & 1 & 3 \\
 c & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 d & 4 & 1 & 1 & 0 & 2 \\
 e & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\end{block}
\end{blockarray}
\]
```

$$\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} a & b & c & d & e \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

```
\RequirePackage{blkarray}
```

```
\usetikzlibrary{arrows.meta}
```

```
\begin{tikzpicture}[li graph]
\node (a) at (0,0) {a};
\node (b) at (1,1) {b};
\node (c) at (4,1) {c};
\node (d) at (3,0) {d};
\node (e) at (3,3) {e};

\path[->] (a) edge (b);
\path (b) edge (d);
\path[->] (b) edge node {3} (e);
\path (c) edge (d);
\path (d) edge node {4} (a);
\path[->] (d) edge node {2} (e);
\end{tikzpicture}
```

```
\tikzset{
  li graph/.style={
    every node/.style={
      rectangle,
      draw,
    },
    every edge/.style={
      >={Stealth[black]},
      draw,
    },
    every edge/.append style={
      every node/.style={
        sloped,
        auto,
      }
    }
  },
  li markierung/.style={
    ultra thick,
  }
}
```

`liGraphenFormat` Dummy-Umgebung, zum Parsen durch Java gedacht.

```
\begin{liGraphenFormat}
a: 0 0
b: 1 1
c: 4 1
d: 3 0
e: 2 2
a -> b
b -- d
b -> e: 3
c -- d
d -> e: 2
d -- a: 4
\end{liGraphenFormat}
```

```
\NewDocumentEnvironment { liGraphenFormat }{ +b } {} {}
```

2.17 hanoi.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-hanoi}[2020/12/19 Paket zum Setzen
von Hanoi-Grafiken]
```

Quelle: https://kleinco.de/latex-snippets/7/tikz-towers-of-hanoi-illustration-for-lat

```
\RequirePackage{tikz}
\RequirePackage{xcolor}
```

\liHanoi `\liHanoi{anzahl-scheiben}{gewicht-scheibe/turm-nr,gewicht-scheibe/turm-nr}`, z. B. : `\liHanoi{4}{4/1,3/1,2/3,1/2}`

```
\def\li@mset #1[#2]=#3{%
\expandafter\xdef\csname #1#2\endcsname{#3}
}
\def\li@mget #1[#2]{%
\csname #1#2\endcsname
}
\def\li@minc #1[#2]+=#3{%
\pgfmathparse{\li@mget #1[#2]+#3}%
\li@mset #1[#2]=\pgfmathresult
}

\def\liHanoi#1#2{
  \edef\li@numdiscs{#1}
  \def\li@sequence{#2}
  \begin{tikzpicture}[line width=4mm,brown!40,line cap=round,xscale=3]
    % init colors
    \foreach[count=\j] \c in {red,green!80!black,blue,orange,violet,gray,yellow!80!black,purp
    \li@mset col[\j]={\c};
    % draw poles and init pole counters
    \foreach \j in {1,2,3}{
      \li@mset pos[\j]=0
      \draw (\j,-.5) -- +(0, .5 + .5*\li@numdiscs);
    }
    % draw base
    \draw (.5,-.5) -- +(3,0);
    % draw discs
    \foreach[count=\k] \i/\j in \li@sequence{
      \draw[draw={\li@mget col[\i]}] (\j,\li@mget pos[\j]) +(-.4*\i/\li@numdiscs,0) -- +(.4*\
      \li@minc pos[\j]+={.5}
    }
  \end{tikzpicture}
}
```

2.18 komplexitaetstheorie.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-komplexitaetstheorie}[2021/07/08 Zum
Setzen von Karps NP-vollständigen Problemen, Hilfsmakros für die
Polynomialzeitreduktion.]
```

Let-Abkürzungen

```
\let\n=\liProblemName
\let\r=\liPolynomiellReduzierbar
\let\b=\liProblemBeschreibung
```

```
\liLadePakete{mathe}
```

Für das Makro `\liProblemBeschreibung{}{}{}` benötigt.

```
\RequirePackage{mdframed}
```

`\liStrich` `$L, \liStrich{L}$`: L, L'

```
\def\liStrich#1{#1^\prime}
```

`\liProblemName` Zu Setzen von Problemnamen wie zum Beispiel SAT, COL, VERTEX COVER

Let-Abkürzung: `\let\n=\liProblemName`

`\liProblemName`: SAT VERTEX COVER

```
\def\liProblemName#1{\texttt{\textsc{#1}}}
```

`\liProblemBeschreibung` Zu setzen von Problem-Beschreibungen:

```
\liProblemBeschreibung
{}
{}
{}
```

CLIQUE

Gegeben: Ein ungerichteter Graph $G = (V, E)$, eine Zahl $k \in \mathcal{N}$

Frage: Gibt es eine Menge $S \subseteq V$ mit $\mathtt{S} = k$, sodass für alle Knoten $u \neq v \in V$ gilt, dass $\{u, v\}$ eine Kante in E ist?

Let-Abkürzung: `\let\b=\liProblemBeschreibung`

```
\def\liProblemBeschreibung#1#2#3{
  \begin{mdframed}[
    userdefinedwidth=9cm,
    align=center,
    backgroundcolor=white!0,
  ]
    \centerline{\large\liProblemName{#1}}

    \medskip

    \begin{description}
    \item[Gegeben:] #2
    \item[Frage:] #3
    \end{description}
  \end{mdframed}
}
```

\liPolynomiellReduzierbar **Let-Abkürzung:** \let\r=\liPolynomiellReduzierbar

```
\NewDocumentCommand{ \liPolynomiellReduzierbar } { m O{p}  m } {
\begin{displaymath}
  \liProblemName{#1}
  \preceq_{#2}
  \liProblemName{#3}
\end{displaymath}
}
```

\liProblemVertexCover

```
\def\liProblemClique{%
Das \textbf{Cliquenproblem} fragt nach der Existenz einer Clique der
Mindestgröße $n$ in einem gegebenen Graphen.
\footcite[Seite 76]{theo:fs:4}
Eine Clique ist eine Teilmenge von Knoten in einem ungerichteten
Graphen, bei der \emph{jedes Knotenpaar durch eine Kante} verbunden ist.
\footcite{wiki:cliquenproblem}
}
```

\liProblemVertexCover

```
\def\liProblemVertexCover{%
%
Das \textbf{Knotenüberdeckungsproblem} (\liProblemName{Vertex Cover})
fragt, ob zu einem gegebenen einfachen Graphen und einer natürlichen
Zahl $k$ eine Knotenüberdeckung der Größe von höchstens $k$ existiert.
\footcite{wiki:knotenueberdeckung}

Das heißt, ob es eine aus maximal $k$ Knoten bestehende Teilmenge $U$
der Knotenmenge gibt, so dass jede Kante des Graphen mit
mindestens einem Knoten aus $U$ verbunden ist.
\footcite[Seite 78]{theo:fs:4}%
}
```

\liProblemSubsetSum Kein Karp-21-Problem

```
\def\liProblemSubsetSum{%
Das \textbf{Teilsummenproblem} (\liProblemName{Subset Sum} oder
\liProblemName{SSP}) ist ein spezielles Rucksackproblem.
\footcite{wiki:teilsummenproblem}
Gegeben sei eine Menge von ganzen Zahlen $I = \{w_1, w_2, \dots, w_n
\}$. Gesucht ist eine Untermenge, deren Elementsumme maximal, aber nicht
größer als eine gegebene obere Schranke $c$ ist.
\footcite[Seite 74]{theo:fs:4}
}
```

\liProblemSubsetSum Kein Karp-21-Problem

```
\def\liProblemSat{%
Das \textbf{Erfüllbarkeitsproblem der Aussagenlogik} \liProblemName{Sat}
und \liProblemName{k-SAT} mit $k \geq 3$, $k \in \mathbb{N}$ (Satz von
Cook) fragt, ob eine aussagenlogische Formel erfüllbar
ist.\footcite{wiki:sat} Das Erfüllbarkeitsproblem der
\emph{Aussagenlogik} ist in exponentieller Zeit in Abhängigkeit der
Anzahl der Variablen mit Hilfe einer Wahrheitstabelle entscheidbar.
Diese \emph{Wahrheitstabelle} kann nicht in polynomieller Zeit
aufgestellt werden.
\footcite[Seite 71]{theo:fs:4}
}

```

2.19 kontrollflussgraph.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-kontrollflussgraph}[2020/11/07]
\RequirePackage{tikz}
\usetikzlibrary{positioning}
\tikzset{
  li kontrollfluss/.style={
    knoten/.style={
      circle,
      draw
    },
    usebox/.style={
      draw,
      rectangle,
      font=\scriptsize,
      anchor=west,
      align=left,
    },
    bedingung/.style={
      midway,
      draw=none,
      font=\scriptsize
    },
    knotenbeschriftung/.style={
      draw,
      rectangle,
      midway,
      font=\scriptsize
    },
    wahr/.style={
      thick
    },
    falsch/.style={
      dashed
    },
    every node/.style={
      circle,
      draw,
    },
    every edge/.append style={
      every node/.style={
        draw=none,
        bedingung,
      }
    },
    every path/.style={
      draw,
      ->,
    },
    every pin/.style={
      draw,
      dotted,
      rectangle,
      pin position=right
    },
    every pin edge/.style={
      dotted,
      arrows=-,
    }
  }
}
```

liKontrollflussgraph

```
\NewDocumentEnvironment { liKontrollflussgraph } { O{} } {
  \begin{tikzpicture}[
    li kontrollfluss,
    #1
  ]
} {
  \end{tikzpicture}
}
```

\liAnweisung

```
\def\liAnweisung#1(#2,#3){\node[knoten] at (#2,#3) (#1) {#1};}
```

\liBedingung **Let-Abkürzung:** `\let\b=\liBedingung`

```
\def\liBedingung#1#2{node[bedingung,#1]{[\texttt{#2}]}}
```

\liBedingungWahr **Let-Abkürzung:** `\let\bWahr=\liBedingungWahr`

```
\def\liBedingungWahr#1{node[bedingung,#1]{\texttt{[true]}}}
```

\liBedingungFalsch **Let-Abkürzung:** `\let\bFalsch=\liBedingungFalsch`

```
\def\liBedingungFalsch#1{node[bedingung,#1]{\texttt{[false]}}}
```

\liKontrollCode **Let-Abkürzung:** `\let\c=\liKontrollCode`

```
\def\liKontrollCode#1{{\tiny\texttt{\textcolor{gray}{#1}}}}
```

\liKontrollTextzeileKnoten **Let-Abkürzung:** `\let\k=\liKontrollTextzeileKnoten`

```
\def\liKontrollTextzeileKnoten#1{\raisebox{-2pt}{\tikz[scale=0.5,transform shape] \node[draw
```

\liKontrollKnotenPfad **Let-Abkürzung:** `\let\p=\liKontrollKnotenPfad`

```
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentCommand { \liKontrollKnotenPfad }{ m }
{
  \seq_set_split:Nnn \l_tmpa_seq { - } { #1 }
  \seq_set_map:NNn \l_tmpa_seq \l_tmpa_seq {\liKontrollTextzeileKnoten{##1}}
  \seq_use:Nn \l_tmpa_seq { ~~~~ }
}
\ExplSyntaxOff
```

2.20 literatur-dummy.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-literatur-dummy}[2020/11/27]
```

\literatur

```
\def\literatur{}
```

\footcite

```
% \RequirePackage[stable,multiple]{footmisc}
\NewDocumentCommand{ \footcite } { o m }{}

```

2.21 literatur.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-literatur}[2020/11/27]
```

```
\RequirePackage{csquotes}
\RequirePackage[
  bibencoding=utf8,
  citestyle=authortitle,
  backend=biber,
]{biblatex}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/10_DB.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/20_OOMUP.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/30_AUD.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/40_SOSY.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/60_FUMUP.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/70_THEO.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/80_DDI.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/Allgemein.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/Examen.bib}
\addbibresource{\LehramtInformatikRepository/Quellen/Wikipedia.bib}
% To allow footnotes in the heading
\RequirePackage[stable,multiple]{footmisc}
```

\literatur

```
\def\literatur{\printbibliography[heading=subbibliography]}
```

2.22 makros.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-makros}[2020/11/27 Eine Sammlung von
häufig verwendeten Makros und Umgebungen, die thematisch zu keinem
anderen Paket passen]
```

```
\RequirePackage{hyperref}
```

```
\RequirePackage{graphicx}
```

Für die Umgebung `liQuellen` benötigt.

```
\RequirePackage{paralist}
```

`\inhaltsverzeichnis`

```
\def\inhaltsverzeichnis {
  \begin{mdframed}
    \begingroup
    \let\clearpage\relax
    \tableofcontents
    \endgroup
  \end{mdframed}
}
```

`\memph` `\mephm` (`\marginpar` and `\emph`)

```
\newcommand{\memph}[1]{\emph{#1}\marginpar{\tiny#1}}
```

`\SLASH`

```
\newcommand\SLASH{\char`\\}
```

`\liPseudoUeberschrift` Text, der sich wie eine Überschrift verhält.

```
\newcommand{\liPseudoUeberschrift}[1]{
\bigskip
\noindent
\textsf{\textbf{#1}}
\noindent
}
```

`\liBeschriftung` Ähnlich dem Makro `\liPseudoUeberschrift{}`. Am Ende des Textes wird ein Doppelpunktzeichen angehängt.

```
\newcommand{\liBeschriftung}[1]{
\par
\noindent
\medskip
\textbf{#1}:
\medskip
\noindent
}
```

`\hinweis`

```
\def\hinweis#1{{\footnotesize[#1]}}
```

`liProjektSprache` `\begin{liProjektSprache}{NameProjektSprache} \end{liProjektSprache}`: Zum Einbetten von projekteigenen Minisprachen/DSLs (Domain-specific language) (z. B. RelationenSchema). Der Inhalt der Umgebung wird nicht von TeX kompiliert, sondern von dem Java-Kommandozeilen-Programm `didaktik.java` verarbeitet.

```
\NewDocumentEnvironment { liProjektSprache }{ o +b } {} {}
```

`liEinbettung`

```
\NewDocumentEnvironment { liEinbettung }{ o +b } {#2} {}
```

`liAntwort` Zum Setzen von Antworten. Sie werden mit einem Kasten umgeben. Könnten eventuell ausgeblendet werden, wenn man nur die Lösung sehen will.

```
\RequirePackage{xparse}
\ExplSyntaxOn
```

```
\NewDocumentEnvironment{ liAntwort } { O{standard} }
{
  \str_case:nn {#1} {
    {standard} {
      \def\beschriftung{}
      \mdfsetup{backgroundcolor=gray!5,linecolor=gray}
    }
    {richtig} {
      \def\beschriftung{richtig}
      \mdfsetup{backgroundcolor=green!5,linecolor=green}
    }
    {falsch} {
      \def\beschriftung{falsch}
      \mdfsetup{backgroundcolor=red!3,linecolor=red}
    }
    {muster} {
      \def\beschriftung{Musterlösung}
      \mdfsetup{backgroundcolor=green!12,linecolor=green}
    }
  }
  \ifx\beschriftung\empty\else
  \noindent
  \textbf{\beschriftung{}:}
  \fi
  \begin{mdframed}
}
{\end{mdframed}}
```

`liAdditum` Zusätzliches Material bei Aufgaben, das zum Lösen der Aufgaben nicht unbedingt nötig ist, z. b. Hintergrundinformation, Test-Dateien, komplette Code-Dateien.

```
\NewDocumentEnvironment{ liAdditum } { o }
{
  \begin{mdframed}[backgroundcolor=yellow!5]
  \IfNoValueTF {#1}
  { \liPseudoUeberschrift{Additum} }
  { \liPseudoUeberschrift{Additum:~#1} }
}
{\end{mdframed}}
```

`liExkurs`

```
\begin{liExkurs}[Linear rekursiv]
Die häufigste Rekursionsform ist die lineare Rekursion, bei der in jedem
Fall der rekursiven Definition höchstens ein rekursiver Aufruf vorkommen
darf.
\end{liExkurs}
```

> **Exkurs: Linear rekursiv**
> Die häufigste Rekursionsform ist die lineare Rekursion, bei der in jedem Fall der rekursiven Definition höchstens ein rekursiver Aufruf vorkommen darf.

```
\NewDocumentEnvironment{ liExkurs }{o +b}{
  \vspace{0.2cm}%
  \begin{mdframed}[
    backgroundcolor=white,
    bottomline=false,
    innermargin=1cm,
    leftline=true,
    linecolor=black,
    linewidth=0.1cm,
    outermargin=1cm,
    rightline=false,
    topline=false,
  ]
```

```
  \footnotesize
  \noindent%
  \textbf{Exkurs:~#1}\par%
  \noindent%
  #2
  \end{mdframed}
  \vspace{0.2cm}
}{}
```

liQuellen https://tex.stackexchange.com/a/229004

```
\begin{liQuellen}
\item Quelle 1
\item Quelle 2
\end{liQuellen}
```

Weiterführende Literatur:

- Quelle 1
- Quelle 2

```
\cs_new:Npn \listen@punkt #1 {\item #1}
\NewDocumentEnvironment { liQuellen }{ +b }
{
  \seq_clear_new:N \l_quellen
  \seq_set_split:Nnn \l_quellen {\item} {#1}
  \seq_remove_all:Nn \l_quellen {}
  \begin{mdframed}[backgroundcolor=white!0]
  \footnotesize
  \noindent
  \textsf{\textbf{Weiterführende~Literatur:}}
  \medskip
  \begin{compactitem}
  \seq_map_function:NN \l_quellen {\listen@punkt}
  \end{compactitem}
  \end{mdframed}
  %
  \makeatletter
  \par\@afterindentfalse\@afterheading
  \makeatother
} {}
```

liLernkartei

```
\NewDocumentEnvironment { liLernkartei }{ m +b }
{
  \begin{mdframed}
  \footnotesize
  \noindent%
  \textbf{Lernkarteikarte:~#1}\par%
  \noindent%
  #2
  \end{mdframed}
} {}
```

liDiagramm `\begin{liDiagramm}{beschriftung}\end{liDiagramm}`: Zu setzen einer Graphik bzw eines Diagramms.

```
\NewDocumentEnvironment { liDiagramm }{ m +b }
{
  \begin{mdframed}[backgroundcolor=white!0]
  \small
  \noindent%
  \textit{#1}:
  \begin{center}
```

```
  #2
  \medskip
  \end{center}
  \end{mdframed}
} {}
\ExplSyntaxOff
```

\liFussnoteUrl

\liFussnoteUrl[⟨*zusätzlicher-text*⟩]{⟨*url*⟩} \liFussnoteUrl[zusätzlicher Text]{url}: Eine HTTP-URL als Fußnote setzen.

```
\NewDocumentCommand{\liFussnoteUrl} { o m } {
  \footnote{\url{#2}\IfNoValueTF{#1}{}{ (#1)}}
}

```

\liFussnoteLink

\liFussnoteLink[⟨*zusätzlicher-text*⟩]{⟨*link-text*⟩}{⟨*url*⟩} \liFussnoteLink[zusätzlicher Text]{tex
Einen Link, d. h. einen Link-Text und eine URL als Fußnote setzen.

```
\NewDocumentCommand{\liFussnoteLink} { o m m } {
  \footnote{\href{#3}{#2}\IfNoValueTF{#1}{}{ (#1)}}
}
```

\zB

```
\def\zB{z.\,B. }
```

\ZB

```
\def\ZB{Z.\,B. }
```

\dh

```
\def\dh{d.\,h. }

```

2.23 master-theorem.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-master-theorem}[2021/04/13]
```

Let-Abkürzungen

```
\let\O=\liO
\let\o=\liOmega
\let\T=\liT
\let\t=\liTheta

 \liMasterVariablenDeklaration
 {3} % a
 {3} % b
 {\mathcal{O}(1)} % f(n)

 \liMasterFallRechnung
 % 1. Fall
 {für $\varepsilon = 4$: \\
 $f(n) = 5n^2 \in \O{n^{\log_2 {8 - 4}}} = \O{n^{\log_2 4}} = \O{n^2}$}
 % 2. Fall
 {$f(n) = 5n^2 \notin \t{n^{\log_2 {8}}} = \t{n^3}$}
 % 3. Fall
 {$f(n) = 5n^2 \notin \o{n^{\log_2 {8 + \varepsilon}}}$}

 \liMasterWolframLink{T[n]=9T[n/3]\%2B5n^2}


 \liMasterVariablenDeklaration
 {} % a
 {} % b
 {} % f(n) ohne $mathe$

 \liMasterFallRechnung
 % 1. Fall
 {}
 % 2. Fall
 {}
 % 3. Fall
 {}

 $\Rightarrow T(n) \in \t{n^2 \cdot \log n}$
 \liMasterWolframLink{T[n]=9T[n/3]\%2B5n^2}
```

```
\ExplSyntaxOn
\RequirePackage{amsmath}
```

\liRundeKlammer

```
\def\liRundeKlammer#1{
  \negthinspace \left( #1 \right)
}
```

\liTheta `\liTheta{n^2}`: $\Theta\left(n^2\right)$

```
\def\liThetaOhneMathe#1{
  \Theta \liRundeKlammer{#1}
}
\def\liTheta#1{
  \ifmmode
    \liThetaOhneMathe{#1}
  \else
    $\liThetaOhneMathe{#1}$
  \fi
}
```

\liOmega \liOmega{n^2}: $\Omega\big(n^2\big)$

```
\def\liOmegaOhneMathe#1{
  \Omega \liRundeKlammer{#1}
}
\def\liOmega#1{
  \ifmmode
    \liOmegaOhneMathe{#1}
  \else
    $\liOmegaOhneMathe{#1}$
  \fi
}
```

\liO \liO{n^2}: $\mathcal{O}\big(n^2\big)$

```
\def\liOOhneMathe#1{
  \mathcal{O} \liRundeKlammer{#1}
}
\def\liO#1{
  \ifmmode
    \liOOhneMathe{#1}
  \else
    $\liOOhneMathe{#1}$
  \fi
}
```

\liT **Let-Abkürzung:** \let\T=\liT
\liT{16}{2}: $16 \cdot T\big(\frac{n}{2}\big)$ \liT{}{2}: $T\big(\frac{n}{2}\big)$

```
\def\liTOhneMathe#1#2{
  \tl_if_blank:nTF {#1}
  {}
  {#1 \cdot }
  T
  \liRundeKlammer{\frac{n}{#2}}
}
\def\liT#1#2{
  \ifmmode
    \liTOhneMathe{#1}{#2}
  \else
    $\liTOhneMathe{#1}{#2}$
  \fi
}
```

\liRekursionsGleichung \liRekursionsGleichung: $T(n) = a \cdot T\big(\frac{n}{b}\big) + f(n)$

```
\def\liRekursionsGleichung{
  $T(n) = \liT{a}{b} + f(n)$
}
```

\liBedingungEins \liBedingungEins: $f(n) \in \mathcal{O}\big(n^{\log_b a-\varepsilon}\big)$

```
\def\liBedingungEins{
  $f(n) \in \liO{n^{\log\sb{b}a - \varepsilon}}$
}
```

\liBedingungZwei \liBedingungZwei: $f(n) \in \Theta\big(n^{\log_b a}\big)$

```
\def\liBedingungZwei{
  $f(n) \in \liTheta{n^{\log\sb{b}a}}$
}
```

\liBedingungDrei \liBedingungDrei: $f(n) \in \Omega\big(n^{\log_b a+\varepsilon}\big)$

```
\def\liBedingungDrei{
  $f(n) \in \liOmega{n^{\log\sb{b}a + \varepsilon}}$
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

\liMasterVariablen

```
\def\liMasterVariablen{
  \begin{displaymath}
  T(n) = \liT{a}{b} + f(n)
  \end{displaymath}

  \begin{itemize}
  \item[$a =$]
  Anzahl der Unterprobleme in der Rekursion

  \item[$\textstyle{\frac{1}{b}} =$]
  Teil des Originalproblems, welches wiederum durch alle Unterprobleme
  repräsentiert wird

  \item[$f(n) =$]
  Kosten (Aufwand, Nebenkosten), die durch die Division des Problems und
  die Kombination der Teillösungen entstehen
  \end{itemize}
  \footcite{wiki:master-theorem}
  \footcite[Seite 19-35 (PDF 11-24)]{aud:fs:2}
}
```

\liMasterFaelle

```
\def\liMasterFaelle{
  \begin{description}
  \item[1. Fall:]
  $T(n) \in \liTheta{n^{\log\sb{b}a}}$

  \hfill falls \liBedingungEins
  für $\varepsilon > 0$

  \item[2. Fall:]
  $T(n) \in \liTheta{n^{\log\sb{b}a} \cdot \log n}$

  \hfill falls \liBedingungZwei

  \item[3. Fall:]
  $T(n) \in \liTheta{f(n)}$

  \hfill falls \liBedingungDrei
  für $\varepsilon > 0$
  und ebenfalls für ein $c$ mit $0 < c < 1$ und alle hinreichend großen $n$
  gilt:
  $a \cdot f(\textstyle {\frac {n}{b}})\leq c \cdot f(n)$
  \end{description}
}
```

liMasterVariablenDeklaration

```
\def\liMasterVariablenDeklaration#1#2#3{
  \begin{description}
    \item[Allgemeine Rekursionsgleichung:] \strut

    \liRekursionsGleichung

    \item[Anzahl der rekursiven Aufrufe ($a$):] \strut

    #1

    \item[Anteil Verkleinerung des Problems ($b$):] \strut

    um $\frac{1}{#2}$ also $b = #2$

    \item[Laufzeit der rekursiven Funktion ($f(n)$):] \strut
```

```

    $#3$

    \item[Ergibt folgende Rekursionsgleichung:] \strut

    $T(n) = \liT{#1}{#2} + #3$
  \end{description}
}
```

\liMasterFallRechnung

```
\def\liMasterFallRechnung#1#2#3{
  \begin{description}
  \item[1. Fall:] \liBedingungEins:

  #1

  \item[2. Fall:] \liBedingungZwei:

  #2

  \item[3. Fall:] \liBedingungDrei:

  #3
  \end{description}
}
```

\liMasterExkurs

```
\def\liMasterExkurs{
  \begin{liExkurs}[Master-Theorem]
  \liMasterVariablen

  \noindent
  Dann gilt:

  \liMasterFaelle
  \end{liExkurs}
}
```

\liMasterWolframLink Link zu Wolframalpha (+ durch Prozent 2B ersetzen)

```
\def\liMasterWolframLink#1{
  Berechne die Rekursionsgleichung auf WolframAlpha:
  \href{https://www.wolframalpha.com/input/?i=#1}{WolframAlpha}
}

```

2.24 mathe.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-mathe}[2020/06/10]

% for example \ltimes \rtimes
%\RequirePackage{amssymb}
\RequirePackage{amsmath}

%%
% \mlq \mrq
%%
\DeclareMathSymbol{\mlq}{\mathord}{operators}{``}
\DeclareMathSymbol{\mrq}{\mathord}{operators}{`'}

```

2.25 minimierung.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-mathe}[2021/03/13 Für den
Minimierungsalgorithmus von einem NEA zu einem DEA]
```

```
\liLadePakete{typographie}
```

```
\let\z=\liZustandsnameTiefgestellt
\let\f=\liFussnote
\let\l=\liLeereZelle
\let\Z=\liZustandsPaar
\let\erklaerung=\liMinimierungErklaerung

\begin{tabular}{|c||c|c|c|c|c|c|c|c|}
\hline
\z0 & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  \\ \hline
\z1 &     & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  \\ \hline
\z2 &     &     & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  \\ \hline
\z3 &     &     &     & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  \\ \hline
\z4 &     &     &     &     & \l  & \l  & \l  & \l  & \l  \\ \hline
\z5 &     &     &     &     &     & \l  & \l  & \l  & \l  \\ \hline
\z6 &     &     &     &     &     &     & \l  & \l  & \l  \\ \hline
\z7 &     &     &     &     &     &     &     & \l  & \l  \\ \hline
\z8 &     &     &     &     &     &     &     &     & \l  \\ \hline\hline
    & \z0 & \z1 & \z2 & \z3 & \z4 & \z5 & \z6 & \z7 & \z8 \\ \hline
\end{tabular}

\liFussnoten

\begin{liUebergangsTabelle}{0}{1}
\Z01 & \Z10 & \Z23     \\
\Z05 & \Z15 & \Z25 \f2 \\
\Z15 & \Z05 & \Z35 \f2 \\
\Z23 & \Z44 & \Z55     \\
\Z24 & \Z44 & \Z55     \\
\Z34 & \Z44 & \Z55     \\
\end{liUebergangsTabelle}
```

`\liFussnote`

```
\def\liFussnote#1{$x_{#1}$}
```

```
\def\li@fussnote@text#1#2{
  \liFussnote{#1}
  \quad
  {\footnotesize #2}
}
```

`\liFussnoteEinsText`

```
\def\liFussnoteEinsText{
  \li@fussnote@text{1}
  {Paar aus End-/ Nicht-Endzustand kann nicht äquivalent sein.}
}
```

`\liFussnoteZweiText`

```
\def\liFussnoteZweiText{
  \li@fussnote@text{2}
  {Test, ob man mit der Eingabe zu einem bereits markiertem Paar kommt.}
}
```

`\liFussnoteDreiText`

```
\def\liFussnoteDreiText{
  \li@fussnote@text{3}
```

```
  {In weiteren Iterationen markierte Zustände.}
}
```

\liFussnoteVierText

```
\def\liFussnoteVierText{
  \li@fussnote@text{4}
  {…}
}
```

\liFussnoten

x_1 Paar aus End-/ Nicht-Endzustand kann nicht äquivalent sein.
x_2 Test, ob man mit der Eingabe zu einem bereits markiertem Paar kommt.
x_3 In weiteren Iterationen markierte Zustände.
x_4 …

```
\def\liFussnoten{
  \bigskip

  \noindent
  \liFussnoteEinsText

  \noindent
  \liFussnoteZweiText

  \noindent
  \liFussnoteDreiText

  \noindent
  \liFussnoteVierText
}
```

\liLeereZelle

\liLeereZelle: $\emptyset$

Let-Abkürzung: \let\l=\liLeereZelle

```
\def\liLeereZelle{$\emptyset$}
```

\liZustandsPaarVariablenName

```
\def\liZustandsPaarVariablenName{z}
```

\liZustandsPaar

```
\def\liZustandsPaar#1#2{
  $(
    \liZustandsPaarVariablenName_#1,
    \liZustandsPaarVariablenName_#2
  )$
}
```

liUebergangsTabelle

```
\renewcommand{\arraystretch}{1.4}
\NewDocumentEnvironment{ liUebergangsTabelle } { m m } {
  \liPseudoUeberschrift{Übergangstabelle}
  \begin{center}
  \begin{tabular}{r||l|l}
  \textbf{Zustandspaar} & \textbf{#1} & \textbf{#2} \\\hline
} {
  \end{tabular}
  \end{center}
}
```

iUeberschriftDreiecksTabelle

\liUeberschriftDreiecksTabelle: **Minimierungstabelle (Table filling)**

```
\ExplSyntaxOn
\def\liUeberschriftDreiecksTabelle{
  \liPseudoUeberschrift{Minimierungstabelle~(Table~filling)}
}
```

`\liMinimierungErklaerung` **Let-Abkürzung:** `\let\erklaerung=\liMinimierungErklaerung`

— Der Minimierungs-Algorithmus (auch Table-Filling-Algorithmus genannt) trägt in seinem Verlauf eine Markierung in alle diejenigen Zellen der Tabelle ein, die zueinander nicht äquivalente Zustände bezeichnen. Die Markierung „x_n“ in einer Tabellenzelle (i, j) bedeutet dabei, dass das Zustandspaar (i, j) in der k-ten Iteration des Algorithmus markiert wurde und die Zustände i und j somit zueinander $(k-1)$-äquivalent, aber nicht k-äquivalent und somit insbesondere nicht äquivalent sind. Bleibt eine Zelle bis zum Ende unmarkiert, sind die entsprechenden Zustände zueinander äquivalent. ————

```
\def\liMinimierungErklaerung{
  %\footcite[Seite~19]{koenig}
  \liParagraphMitLinien{
    Der~Minimierungs-Algorithmus~(auch~Table-Filling-Algorithmus~genannt)~
    trägt~in~seinem~Verlauf~eine~Markierung~in~alle~
    diejenigen~Zellen~der~Tabelle~ein,~die~zueinander~nicht~äquivalente~
    Zustände~bezeichnen.~Die~Markierung~„$x\sb{n}$"~in~einer~Tabellenzelle~($i$,~
    $j$)~bedeutet~dabei,~dass~das~Zustandspaar~($i$,~$j$)~in~der~$k$-ten~
    Iteration~des~Algorithmus~markiert~wurde~und~die~Zustände~$i$~und~$j$~
    somit~zueinander~($k~-~1$)-äquivalent,~aber~nicht~$k$-äquivalent~und~
    somit~insbesondere~nicht~äquivalent~sind.~Bleibt~eine~Zelle~bis~zum~Ende~
    unmarkiert,~sind~die~entsprechenden~Zustände~zueinander~äquivalent.
  }
}
\ExplSyntaxOff
```

2.26 normalformen.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-normalformen}[2020/12/10
Hilfsmakros zum Setzen von Normalformen, Funktionalen Abhänigkeiten,
Attributhülle]
\liLadePakete{mathe}
\directlua{
  helfer = require('lehramt-informatik-helfer')
  normalformen = require('lehramt-informatik-normalformen')
}
```

Let-Abkürzungen

```
\let\ah=\liAttributHuelle
\let\ahL=\liAttributHuelleLinksReduktion
\let\fa=\liFunktionaleAbhaengigkeit
\let\FA=\liFunktionaleAbhaengigkeiten
\let\m=\liAttributMenge
\let\r=\liRelation
```

```
\def\liTeilen#1{
  \directlua{tex.print(normalformen.teilen('#1'))}
}
```

`\liAttributHuelle` **Let-Abkürzung:** `\let\ah=\liAttributHuelle`

Regulärer Ausdruck zum Konvertieren `AttrHülle\((.*)\) \\ah{$1}`

```
\def\liAttributHuelleOhneMathe#1{\text{AttrHülle}(#1)}
\def\liAttributHuelle#1{
\ifmmode
  \liAttributHuelleOhneMathe{#1}
\else
  $\liAttributHuelleOhneMathe{#1}$
\fi
}
```

`\liAttributMenge` **Let-Abkürzung:** `\let\m=\liAttributMenge`

```
\def\liAttributMenge#1{\{ \textit{#1} \}}
```

`liAHuelle`

```
\NewDocumentEnvironment{ liAHuelle } { +b } {
  \begingroup
  \footnotesize
  \begin{multline*}
    #1
  \end{multline*}
  \endgroup
} { }
```

`AttributHuelleLinksReduktion` Nur innerhalb von `liAHuelle` zu verwenden bzw. `multline`

Let-Abkürzung: `\let\ahL=\liAttributHuelleLinksReduktion`

`\ahL{ursprüngliche linke Attributmenge}{ohne dieses Attribut}{Ergebnis}`

```
\def\liAttributHuelleLinksReduktion#1#2#3{
  \shoveleft{
    \liAttributHuelleOhneMathe{FA, \liAttributMenge{\liAttributMenge{#1} - \liAttributMenge{#
  } \\
  \shoveright{
    \liAttributMenge{#3}
  } \\
}
```

`\liFunktionaleAbhaengigkeit` **Let-Abkürzung:** `\let\fa=\liFunktionaleAbhaengigkeit`

`\liFunktionaleAbhaengigkeit{A, B -> C, D}` Regulärer Ausdruck zum Konvertieren: `\$(.*?) \\rightarrow (.*?)\$ \\fa{$1 -> $2}`

```
\def\liFunktionaleAbhaengigkeit#1{%
  \directlua{normalformen.drucke_funk_abhaengigkeit('#1')}%
}
```

`liFunktionaleAbhaengigkeiten`

```
\liFunktionaleAbhaengigkeiten[F]{
  M -> M;
  M -> N;
  V -> T, P, PN;
  P -> PN;
}
```

Let-Abkürzung: `\let\FA=\liFunktionaleAbhaengigkeiten`

Regulärer Ausdruck zum Konvertieren: `\\item \$(.*) \\rightarrow (.*)\$ \$(.*) \\rightarro` `$1 -> $2;`

```
\NewDocumentCommand {\liFunktionaleAbhaengigkeiten} { O{FA} m } {
  \par
  \noindent
  #1 $= \{$
  \par
  \directlua{normalformen.drucke_funk_abhaengigkeiten('#2')}
  \par
  \noindent$\}$
}
```

`\liRelation` **Let-Abkürzung:** `\let\r=\liRelation`

$R_3(\,A,\,B,\,C\,)$

Regulärer Ausdruck zum Konvertieren: `\$(R.*)\((.*)\)\$ \\liRelation[$1]{$2}`

```
\NewDocumentCommand {\liRelation} { O{R} m } {
  $\directlua{
    local name = helfer.konvertiere_tiefgestellt('#1')
    tex.print(name)
  }$(\textit{\,#2\,})
}
```

2.27 petri.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-petri}[2020/12/03]
```

Let-Abkürzungen

```
\let\t=\liPetriTransitionsName
\let\tp=\liPetriTransPfeile
\let\k=\liPetriErreichKnotenDrei
```

```
\RequirePackage{tikz}
\usetikzlibrary{petri,arrows.meta}
```

Für die Darstellungsmatrix

```
\RequirePackage{blkarray}
```

```
\def\TmpA#1{
  \liPetriSetzeSchluessel%
  \pgfkeys{/petri/.cd,#1}%
  \begin{tikzpicture}[li petri]
  \node at (-0.25,-0.25) {};
  \node at (\TmpX,\TmpY) {};

  \begin{scope}[transform canvas={scale=\TmpScale},x=2cm,y=2cm,]
    \node[place,tokens=\TmpPlaceOne,label=$p_1$] at (0,1) (p1) {};
    \node[place,tokens=\TmpPlaceTwo,label=$p_2$] at (2,2) (p2) {};
    \node[place,tokens=\TmpPlaceThree,label=east:$p_3$] at (2,0) (p3) {};

    \node[transition,label=east:$t_1$,\TmpTransitionOne] at (2,1) {}
      edge[pre] (p2)
      edge[post] (p3);
    \node[transition,label=$t_2$,\TmpTransitionTwo] at (1,1.5) {}
      edge[pre] (p1)
      edge[post] (p2);
    \node[transition,label=$t_3$,\TmpTransitionThree] at (1,0.5) {}
      edge[pre] (p3)
      edge[post] (p1);
    \node[transition,label=$t_4$,\TmpTransitionFour] at (1,1) {}
      edge[pre] (p2)
      edge[pre] (p3)
      edge[post] (p1);
  \end{scope}
  \end{tikzpicture}
}
```

\liPetriSetzeSchluessel

```
\def\liPetriSetzeSchluessel{%
  \def\TmpTransitionOne{}%
  \def\TmpTransitionTwo{}%
  \def\TmpTransitionThree{}%
  \def\TmpTransitionFour{}%
  \def\TmpTransitionFive{}%
  \def\TmpTransitionSix{}%
  \def\TmpTransitionSeven{}%
  \def\TmpTransitionEight{}%
  \def\TmpTransitionNine{}%
  \def\TmpTransitionTen{}%
  \pgfkeys{/petri/.cd,
    p1/.store in=\TmpPlaceOne,p1/.default=0,p1,
    p2/.store in=\TmpPlaceTwo,p2/.default=0,p2,
    p3/.store in=\TmpPlaceThree,p3/.default=0,p3,
    p4/.store in=\TmpPlaceFour,p4/.default=0,p4,
    p5/.store in=\TmpPlaceFive,p5/.default=0,p5,
```

```
    p6/.store in=\TmpPlaceSix,p6/.default=0,p6,
    p7/.store in=\TmpPlaceSeven,p7/.default=0,p7,
    p8/.store in=\TmpPlaceEight,p8/.default=0,p8,
    p9/.store in=\TmpPlaceNine,p9/.default=0,p9,
    p10/.store in=\TmpPlaceTen,p10/.default=0,p10,
    t1/.store in=\TmpTransitionOne,t1/.default=activated,
    t2/.store in=\TmpTransitionTwo,t2/.default=activated,
    t3/.store in=\TmpTransitionThree,t3/.default=activated,
    t4/.store in=\TmpTransitionFour,t4/.default=activated,
    t5/.store in=\TmpTransitionFive,t5/.default=activated,
    t6/.store in=\TmpTransitionSix,t6/.default=activated,
    t7/.store in=\TmpTransitionSeven,t7/.default=activated,
    t8/.store in=\TmpTransitionEight,t8/.default=activated,
    t9/.store in=\TmpTransitionNine,t9/.default=activated,
    t10/.store in=\TmpTransitionTen,t10/.default=activated,
    scale/.store in=\TmpScale,scale/.default=0.5,
    x/.store in=\TmpX,x/.default=5,
    y/.store in=\TmpY,y/.default=5,
  }%
}
```

```
\tikzset{
  li petri/.style={
    activated/.style={
      very thick
    },
    inhibitor/.style={
      {Circle[open,length=2mm,fill=white]}-
    }
  }
}
```

`\liPetriTransitionsName` **Let-Abkürzung:** `\let\t=\liPetriTransitionsName`
`\$t_(\d+)\$ \t$1`

```
\def\liPetriTransitionsNameOhneMathe#1{t\sb{#1}}
\def\liPetriTransitionsName#1{
  \ifmmode
    \liPetriTransitionsNameOhneMathe{#1}
  \else
    $\liPetriTransitionsNameOhneMathe{#1}$
  \fi
}
```

`\liPetriErreichTransition` **Let-Abkürzung:** `\let\t=\liPetriErreichTransition`

```
\NewDocumentCommand{ \liPetriErreichTransition } { m m m O{} O{} } {
  \draw[->] (#1) edge[#4] node[pos=0.5,auto,sloped,#5]{$t\sb{#3}$} (#2);
}
```

`\liPetriErreichKnotenDrei` **Let-Abkürzung:** `\let\k=\liPetriErreichKnotenDrei`

```
\def\liPetriErreichKnotenDrei#1#2#3{(#1,#2,#3)}
```

`\liPetriTransPfeile` **Let-Abkürzung:** `\let\tp=\liPetriTransPfeile`

```
\def\liPetriTransPfeile#1{$\rightarrow \hspace{0.4cm} \liPetriTransitionsName{#1} \hspace{0.3
```

2.28 potenzmengen-konstruktion.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-potenzmengen-konstruktion}[2021/02/21 Hilfsmakros
einzusetzen bei der Potenzmengen-Konstruktion (Potenzmengen-Algorithmus)]
```

```
\liLadePakete{formale-sprachen}
\ExplSyntaxOn
```

```
\def\z#1{
  \liZustandsMengenSammlungNr{#1}{
    {
      {0} {0}
      {1} {0,1}
      {2} {0,2}
      {3} {0,1,3}
      {4} {0,2,3}
      {5} {0,3}
    }
  }
}
\let\s=\liZustandsnameGross

\begin{tabular}{l|l|l}
Zustandsmenge & Eingabe $a$ & Eingabe $b$ \\\hline
\z0 & \z0 & \z1 \\
\z1 & \z2 & \z1 \\
\z2 & \z0 & \z3 \\
\z3 & \z4 & \z3 \\
\z4 & \z5 & \z3 \\
\z5 & \z5 & \z3\\
\end{tabular}
```

`\liZustandsMengenSammlung` `\liZustandsMengenSammlung{nummer}{latex3 str_case:nn}`

```
\def\z#1{
  \liZustandsMengenSammlung{#1}{
    {
      {0} {z0}
      {1} {z0, z1}
      {2} {z0, z1, z2}
      {3} {z0, z2}
      {4} {z0, z1, z2, z3}
      {5} {z0, z3}
      {6} {z0, z2, z3}
      {7} {z0, z1, z3}
    }
  }
}
```

```
\def\liZustandsMengenSammlung#1#2{
  \liZustandsnameGross{#1}
  {
    \footnotesize
    \liPotenzmenge{
      \str_case:nn {#1} #2
    }
  }
}
```

`\liZustandsMengenSammlungNr`

```
\def\liZustandsMengenSammlungNr#1#2{
  \liZustandsnameGross{#1}
  {
```

```
    \footnotesize
    \liZustandsmengeNr{
      \str_case:nn {#1} #2
    }
  }
}

\ExplSyntaxOff

```

2.29 pseudo.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-pseudo}[2020/12/30 Paket zum Setzen
von Pseudo-Code, Hüll-Paket um algorithm2e]
```

```
\begin{algorithm}[H]
\KwData{$G = (V,E,w)$: ein zusammenhängender, ungerichteter,
kantengewichteter Graph kruskal(G)}
$E'\leftarrow \emptyset $\;
$L\leftarrow E$\;
Sortiere die Kanten in L aufsteigend nach ihrem Kantengewicht.\;
\While{$L \neq \emptyset $}{
  wähle eine Kante $e\in L$ mit kleinstem Kantengewicht\;
  entferne die Kante e aus L\;
  \If{der Graph $(V, E' \cup \lbrace e\rbrace)$ keinen Kreis enthält}{
    $E'\leftarrow E'\cup \lbrace e\rbrace $\;
  }
}
\KwResult{$M = (V,E')$ ist ein minimaler Spannbaum von G.}
\caption{Minimaler Spannbaum nach Kruskal\footcite{wiki:kruskal}}
\end{algorithm}
```

Algorithmus 1: Minimaler Spannbaum nach Kruskal

Data: $G = (V, E, w)$: ein zusammenhängender, ungerichteter, kantengewichteter Graph kruskal(G)
$E' \leftarrow \emptyset$;
$L \leftarrow E$;
Sortiere die Kanten in L aufsteigend nach ihrem Kantengewicht.;
while $L \neq \emptyset$ **do**
  wähle eine Kante $e \in L$ mit kleinstem Kantengewicht;
  entferne die Kante e aus L;
  if *der Graph* $(V, E' \cup \{e\})$ *keinen Kreis enthält* **then**
    $E' \leftarrow E' \cup \{e\}$;
  end
end
Result: $M = (V, E')$ ist ein minimaler Spannbaum von G.

```
\RequirePackage[german,boxruled]{algorithm2e}
```

2.30 pumping-lemma.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-pumping-lemma}[2021/08/11 Enthält die
Definitionen für das Pumping-Lemma in der Regulären Sprache und
in der Kontextfreien Sprache]
```

\liPumpingRegulaer

```
\def\liPumpingRegulaer{%
  Es sei $L$ eine reguläre Sprache. Dann gibt es eine Zahl $j$, sodass für
  alle Wörter $\omega \in L$ mit $|\omega| \geq j$ (jedes Wort $\omega$ in
  $L$ mit Mindestlänge $j$) jeweils eine Zerlegung $\omega = uvw$
  existiert, sodass die folgenden Eigenschaften erfüllt sind:

  \begin{enumerate}
  \item $|v| \geq 1$
  (Das Wort $v$ ist nicht leer.)

  \item $|uv| \leq j$
  (Die beiden Wörter $u$ und $v$ haben zusammen höchstens die Länge $j$.)

  \item Für alle $i = 0, 1, 2, \dots$ gilt $uv^iw \in L$
  (Für jede natürliche Zahl (mit $0$) $i$ ist das Wort $uv^{i}w$ in der
  Sprache $L$)
  \end{enumerate}

  Die kleinste Zahl $j$, die diese Eigenschaften erfüllt, wird
  Pumping-Zahl der Sprache $L$ genannt.\footcite{wiki:pumping-lemma}
}
```

\liPumpingKontextfrei

```
\def\liPumpingKontextfrei{%
  Es sei $L$ eine kontextfreie Sprache. Dann gibt es eine Zahl $j$, sodass
  sich alle Wörter $\omega \in L$ mit $|\omega| \geq j$ zerlegen lassen in
  $\omega = uvwxy$, sodass die folgenden Eigenschaften erfüllt sind:

  \begin{enumerate}
  \item $|vx| \geq 1$
  (Die Wörter $v$ und $x$ sind nicht leer.)

  \item $|vwx| \leq j$
  (Die Wörter $v$, $w$ und $x$ haben zusammen höchstens die Länge $j$.)

  \item Für alle $i \in \mathbb{N}_0$ gilt $u v^i w x^i y \in L$ (Für jede
  natürliche Zahl (mit $0$) $i$ ist das Wort $u v^i w x^i y$ in der
  Sprache $L$)
  \end{enumerate}
}
```

2.31 quicksort.sty

```
% https://tex.stackexchange.com/a/142634
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-quicksort}[2020/06/12]

%---------------------------------------------------
% USAGE:
% \QSinitialize{comma, separated, numerical, values}
% \loop
% \QSpivotStep
% \ifnum\value{pivotcount}>0
%   \QSsortStep
% \repeat
%---------------------------------------------------

% xintfrac does not load xinttools, this must be done explicitely if needed as here.
\RequirePackage{xintfrac, xinttools}

\RequirePackage{tikz}

%-----------------------------------------------------------------
% FIRST PART: TikZ styles and macros for the actual drawing
\newcounter{cellcount}%  used for coordinates of the node
\newcounter{pivotcount}% when it will remain at zero, will signal the sort is finished.

% Styles defined by Tom Bombaldi. (modified: all share the same size)
% (re-modified \bf -> \bfseries due to extremely annoying warnings from
% KOMA-script which are truly a pain and do not make any sense regarding \bf:
% if I want to use \bf, and know what I am doing, why should I get HARASSED
% by police of LaTeX good conduct ? )
\tikzset{l/.style={minimum width=6mm, minimum height=6mm, draw=black, fill=lime!70!gray},
        o/.style={minimum width=6mm, minimum height=6mm, draw=black, fill=olive!50},
        r/.style={minimum width=6mm, minimum height=6mm, draw=black, fill=magenta!50!black, t
% this is the "b" style as used in the image below
%        b/.style={minimum width=6mm, minimum height=6mm, draw=black, fill=magenta!50!black,
% nicer:
        b/.style={minimum width=6mm, minimum height=6mm, draw=black, fill=white, text=magenta
        g/.style={minimum width=6mm, minimum height=6mm, draw=black, fill=gray, text=white, f

% NOTE the b style was originally the same as the r(aised) style apart from
% not being raised, but I find it nicer with a somewhat different
% specification. I have not updated the images though.

% How the nodes are drawn depending on whether on the left of the pivot value
% or on the right, or is a pivot value, or a raised pivot during selection phase.

\def\DecoLEFT #1{%
   \xintFor* ##1 in {#1} \do
   {\stepcounter{cellcount}\node[o] at (\arabic{cellcount},0) {##1};}%
}

\def\DecoINERT #1{%
   \xintFor* ##1 in {#1} \do
   {\stepcounter{cellcount}\node[g] at (\arabic{cellcount},0) {##1};}%
}

\def\DecoRIGHT #1{%
   \xintFor* ##1 in {#1} \do
   {\stepcounter{cellcount}\node[l] at (\arabic{cellcount},0) {##1};}%
}

\def\DecoLEFTwithPivot #1{\stepcounter{pivotcount}%
     \xintFor* ##1 in {#1} \do
```

```
     {\stepcounter{cellcount}%
      \xintifForLast {\node[r]}{\node[o]} at (\arabic{cellcount},0) {##1};}%
}

\def\DecoINERTwithPivot #1{\stepcounter{pivotcount}%
     \xintFor* ##1 in {#1} \do
     {\stepcounter{cellcount}%
      \xintifForLast {\node[b]}{\node[g]} at (\arabic{cellcount},0) {##1};}%
}

\def\DecoRIGHTwithPivot #1{\stepcounter{pivotcount}%
     \xintFor* ##1 in {#1} \do
     {\stepcounter{cellcount}%
      \xintifForLast {\node[r]}{\node[l]} at (\arabic{cellcount},0) {##1};}%
}

%-----------------------------------------------------------------
% SECOND PART: the actual sorting routines.

\def\QS@sort@a #1{\expandafter \QS@sort@b \expandafter {\xintLength {#1}}{#1}}
\def\QS@sort@b #1{\ifcase #1
                      \expandafter\QS@sort@empty
                    \or\expandafter\QS@sort@single
                  \else\expandafter\QS@sort@c
                  \fi
}%
\def\QS@sort@empty  #1{}
\def\QS@sort@single #1{\QSIr {#1}}

% This step is to pick the last as pivot.
\def\QS@sort@c #1%
   {\expandafter\QS@sort@d\expandafter {\romannumeral0\xintnthelt {-1}{#1}}{#1}}%

% Here \QSLr, \QSIr, \QSr have been let to \relax.
% The trick with \xintApplyUnbraced is that for example when selecting
% the elements smaller than pivot, if we had been using \xintApply we
% would have had at the minimum an empty brace pair. Thus we use the
% "unbraced" variant, but then the \QS@select@smaller has added in
% anticipation a level of braces.
\def\QS@sort@d #1#2{%
    \QSLr {\xintApplyUnbraced {\QS@select@smaller  {#1}}{#2}}%
    \QSIr {\xintApplyUnbraced {\QS@select@equal    {#1}}{#2}}%
    \QSRr {\xintApplyUnbraced {\QS@select@greater {#1}}{#2}}%
}%
\def\QS@select@smaller #1#2{\xintifLt {#2}{#1}{{#2}}{ }}% space will stop a f-expansion
\def\QS@select@equal   #1#2{\xintifEq {#2}{#1}{{#2}}{ }}% space will stop a f-expansion
\def\QS@select@greater #1#2{\xintifGt {#2}{#1}{{#2}}{ }}% space will stop a f-expansion

%
% NOTE 1: thus, each comparison with the pivot is done three (!) times.
%
% NOTE 2: we may well end up with \QSLr {<empty>} situations. THis is handled
% silently by the \xintFor loops, and also when \QSLr becomes \QS@sort@a, the
% latter must handle correctly an empty argument.

%-----------------------------------------------------------------
% THIRD PART: the main macros \QSpivotStep, \QSsortStep and \QSinitialize.

% This draws all with suitable highlighting for the newly chosen pivots
% (which will be shown raised)
```

```
\def\QSpivotStep {\let\QSLr\DecoLEFTwithPivot
                \let\QSIr\DecoINERT
                \let\QSIrr\DecoINERT
                \let\QSRr\DecoRIGHTwithPivot
\par\centerline{\rule[1.5mm]{0pt}{8mm}%
            \setcounter{cellcount}{0}\setcounter{pivotcount}{0}%
            \begin{tikzpicture}\QS@list\end{tikzpicture}}
}

% This sorts and then draws, showing where the pivot chosen in the previous
% step go. Next time they will have become "inert". If pivotcount is still at
% zero on exit from \QSpivotStep, then this is the signal to stop before
% executing \QSsortStep.
\def\QSsortStep {\def\QSLr {\noexpand\QS@sort@a}%
                 \def\QSRr {\noexpand\QS@sort@a}%
                 \def\QSIr {\noexpand\QSIrr}%
                 \let\QSIrr\relax
                    \edef\QS@list{\QS@list}%
                \let\QSLr\relax
                \let\QSRr\relax
                \let\QSIr\relax
                    \edef\QS@list{\QS@list}%
                \let\QSLr\DecoLEFT
                \let\QSIr\DecoINERTwithPivot
                \let\QSIrr\DecoINERT
                \let\QSRr\DecoRIGHT
\par\centerline{\rule[1.5mm]{0pt}{8mm}%
            \setcounter{cellcount}{0}%
            \begin{tikzpicture}\QS@list\end{tikzpicture}}
}

\def\QSinitialize #1{%
    % first, we convert the comma separated values into a list of braced items
    % we use an \edef, and anyhow many \edef's will be used later
    \edef\QS@list {\noexpand\QSRr {\xintCSVtoList {#1}}}%
    \let\QSRr\DecoRIGHT
    % The \QSRr marker mutated to draw the last element as
    % pivot and the earlier ones with the suitable style.
    %
    % The list of marked braced items \QS@list is used both for drawing
    % (as here) and for doing the exchange of elements during sort.
    \par\centerline{\rule[1.5mm]{0pt}{8mm}\setcounter{cellcount}{0}%
                \begin{tikzpicture}\QS@list\end{tikzpicture}}
}
```

2.32 relationale-algebra.sty

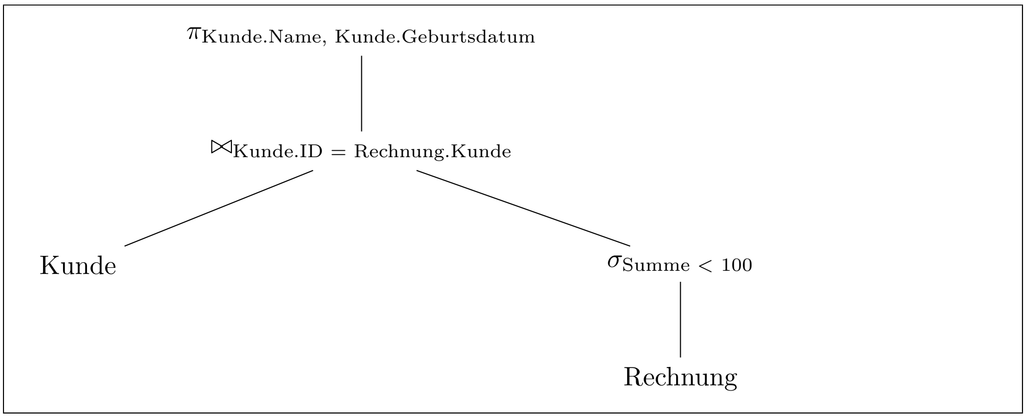
```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-relationale-algebra}[2020/12/11]
```

```
\RequirePackage{amsmath}
```

```
\RequirePackage{amssymb}
```

Zum Zeichen von Operatorenbäumen verwenden wir TikZ

```
\begin{tikzpicture}
  \node
    (pi) {$\pi_{\text{Kunde.Name, Kunde.Geburtsdatum}}$};

  \node[below=of pi]
    (theta join) {$\bowtie_{\text{Kunde.ID = Rechnung.Kunde}}$}
    edge (pi);

  \node[below left=of theta join]
    {Kunde}
    edge(theta join);

  \node[below right=of theta join]
    (sigma rechnung) {$\sigma_{\text{Summe < 100}}$}
    edge (theta join);

  \node[below=of sigma rechnung]
    {Rechnung}
    edge(sigma rechnung);
\end{tikzpicture}
```




```
\RequirePackage{tikz}
\usetikzlibrary{positioning}
```

Privates Makros, das zwei Querstriche erzeugt.

```
\def\o@join{\setbox0=\hbox{$\bowtie$}%
  \rule[-.02ex]{.25em}{.4pt}\llap{\rule[\ht0]{.25em}{.4pt}}%
}
```

`\leftouterjoin` A \leftouterjoin B: $A ⟕ B$

```
\def\leftouterjoin{\mathbin{\o@join\mkern-5.8mu\bowtie}}
```

`\rightouterjoin` A \rightouterjoin B: $A ⟖ B$

```
\def\rightouterjoin{\mathbin{\bowtie\mkern-5.8mu\o@join}}
```

`\fullouterjoin` A \fullouterjoin B: $A ⟗ B$

```
\def\fullouterjoin{\mathbin{\o@join\mkern-5.8mu\bowtie\mkern-5.8mu\o@join}}
```

2.33 rmodell.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-rmodell}[2020/09/01
Makros und Umgebungen zum Setzen des Relationenmodells beim Thema
Datenbanken.]
\RequirePackage{soul}
```

Let-Abkürzungen

```
\let\a=\liAttribut
\let\f=\liFremd
\let\p=\liPrimaer
\let\r=\liRelationMenge
```

`\liPrimaer` `\liPrimaer{text}`: Unterstreichung für den Primärschlüssel

```
\def\liPrimaer#1{\ul{#1}}
```

`\liFremd` `\liFremd{text}`: Überstreichung für den Fremdschlüssel

```
\def\liFremd#1{{\setul{-0.9em}{}\ul{#1}}}
```

`liRmodell` `\begin{liRmodell} \end{liRmodell}`: Kleinere Schrift und Schreibmaschinenschrift.

```
\def\li@Rmodell@Schrift{\footnotesize\ttfamily}
\ExplSyntaxOn
\NewDocumentEnvironment { liRmodell }
{ +b }
{
  \medskip
  {
    \linespread{2}
    \setlength{\parindent}{0pt}
    \li@Rmodell@Schrift#1
  }
  \medskip
} {}
\ExplSyntaxOff
```

`\liRelationMenge` **Let-Abkürzung:** `\let\r=\liRelationMenge`

`\liRelationMenge{name}{attribut, attribut}`: Umhüllen der Attribute mit geschweiften und dann eckigen Klammern.

```
\def\liRelationMenge#1#2{
\noindent
#1 : \{[ #2 ]\}
\par
}
```

`\liAttribut` **Let-Abkürzung:** `\let\a=\liAttribut`

`\liAttribut{text}`: Gleiche Schrift wie Umgebung `liRmodell`

```
\def\liAttribut#1{{\li@Rmodell@Schrift#1}}
```

`liRelationenSchemaFormat` Dummy-Umgebung, zum Parsen durch Java gedacht.

```
\begin{liRelationenSchemaFormat}
Springer(Startnummer*, Nachname, Vorname, Geburtsdatum, Körpergröße)
Sprung(SID*, Beschreibung, Schwierigkeit)
springt(SID[Sprung], Startnummer[Springer], Durchgang)
\end{liRelationenSchemaFormat}
```

```
\NewDocumentEnvironment { liRelationenSchemaFormat }{ +b } {} {}
```

2.34 sortieren.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-sortieren}[2020/06/10 Schaubilder
für händisches Sortieren bzw. einen Schreibtischlauf setzen]
```

```
\tikz[
  rectangle split parts=5,
]{
  \node[li sortierung zahlenreihe] (reihe) {\nodepart{one} 2 \nodepart{two} 1 \nodepart{three} 3
  \liSortierPfeil{one}{two}
  \liSortierPfeil{two}{three}
  \liSortierMarkierung{two split south}{three split north}
  \liSortierPfeilUnten{three}{one}
}
```

```
\RequirePackage{tikz}
\usetikzlibrary{shapes.multipart,positioning}
```

`\liVertauschen` `\liVertauschen{1 2 >4 <3 5}`: Setze ein Schaubild mit Hilfe von TikZ. `<` und `>` werden dazu verwendet, um den Vertauschprozess zu visualisieren.

```
\def\liVertauschen#1{
  \directlua{
    local sortieren = require('lehramt-informatik-sortieren')
    sortieren('#1')
  }
}
```

`\liSortierPfeil`

```
\def\liSortierPfeil#1#2{
  \draw[-latex] ([xshift=1mm]reihe.#1 north) -- ++(0,0.25) -| ([xshift=-1mm]reihe.#2 north);
}
```

`\liSortierPfeilUnten`

```
\def\liSortierPfeilUnten#1#2{
  \draw[-latex] ([xshift=1mm]reihe.#1 south) -- ++(0,-0.25) -| ([xshift=-1mm]reihe.#2 south);
}
```

`\liSortierMarkierung`

```
\def\liSortierMarkierung#1#2{\node[
  draw,
  very thick,
  fit=(reihe.#1) (reihe.#2),
  inner sep=0pt
] {};
}
```

```
\tikzset{
  li sortierung zahlenreihe/.style={
    draw,
    thin,
    font=\large,
    rectangle split horizontal,
    rectangle split,
  }
}
```

```
% https://tex.stackexchange.com/a/140895
\RequirePackage{forest,xstring}
\usetikzlibrary{calc}

\makeatletter
\pgfmathdeclarefunction{strrepeat}{2}{%
  \begingroup\pgfmathint{#2}\pgfmath@count\pgfmathresult
    \let\pgfmathresult\pgfutil@empty
    \pgfutil@loop\ifnum\pgfmath@count>0\relax
      \expandafter\def\expandafter\pgfmathresult\expandafter{\pgfmathresult#1}%
      \advance\pgfmath@count-1\relax
    \pgfutil@repeat\pgfmath@smuggleone\pgfmathresult\endgroup}
\makeatother

\def\myNodes{}

\ExplSyntaxOn
\newcommand*\sortList[1]{%
  \clist_sort:Nn#1{\int_compare:nNnTF{##1}>{##2}\sort_return_swapped:\sort_return_same:}}
\ExplSyntaxOff

\forestset{
  sort/.code={%
    \pgfmathparse{level()>\forestSortLevel}%
    \ifnum\pgfmathresult=0
      \StrSubstitute{\forestov{content}}{ }{,}[\myList]%
      \sortList\myList
      \StrSubstitute{\myList}{,}{ }[\myList]%
      \pgfmathparse{strrepeat("1",level())}%
      \xappto\myNodes{\noexpand\node at ($(\forestov{name}|-m)!-1!(\forestov{name})$)
        (m\forestov{name}) {\myList}}%
      \pgfmathparse{level()==\forestSortLevel}%
      \ifnum\pgfmathresult=1
        \forestOget{\forestov{@first}}{name}\forestFirst
        \forestOget{\forestov{@last}}{name}\forestLast
        \xappto\myNodes{{[<-]edge (\forestOv{\forestov{@first}}{name})
          \ifx\forestFirst\forestLast\else edge (\forestOv{\forestov{@last}}{name})\fi}}%
      \fi
      \ifnum\forestov{@parent}=0\else
        \xappto\myNodes{edge (m\forestOv{\forestov{@parent}}{name})}%
      \fi
      \gappto\myNodes{;}%
    \fi}}

\forestset{sort level/.code=%
  \pgfmathparse{#1}\let\forestSortLevel\pgfmathresult
  \pgfmathparse{strrepeat("1",\forestSortLevel+1)}\let\forestOnes\pgfmathresult}
```

2.35 spalten.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-spalten}[2020/12/07 Lädt das Paket
„multicol", damit mehrspaltiger Satz mit Hilfe der Umgebung „multicols"
realisiert werden kann.]
\RequirePackage{multicol}
```

`\liSpaltenUmbruch` `\liSpaltenUmbruch`: Spezieller Spaltenumbruch, der den Inhalt mit Hilfe von `\vfill\strut` nach oben schiebt.

```
\def\liSpaltenUmbruch{\vfill\strut\columnbreak}
```

2.36 struktogramm.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-struktogramm}[2021/01/31 Lädt das
Paket struktex zum Setzen von Struktogrammen]
\RequirePackage{struktex}

```

2.37 syntax.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-syntax}[2020/06/10 Ein Hüll-Paket um
`minted`, das sich um die Syntax-Hervorhebung des Java-Codes kümmert.]
\RequirePackage{xparse}
```

Um das Paket `minted` benutzen zu können, muss `pygmentize` installiert sein. Außerdem müssen die TeX-Dateien mit der Kommandozeilen-Option `--shell-escape` kompiliert werden.

Let-Abkürzungen
`\let\j=\liJavaCode`
`\let\s=\liSqlCode`

```
\ExplSyntaxOn
```

```
\directlua{
  syntax = require('lehramt-informatik-syntax')
  syntax.importiere_konfiguration('tex_repo_lokaler_pfad', '\LehramtInformatikRepository')
  syntax.importiere_konfiguration('github_domain', '\LehramtInformatikGithubDomain')
  syntax.importiere_konfiguration('github_raw_domain', '\LehramtInformatikGithubRawDomain')
  syntax.importiere_konfiguration('github_tex_repo', '\LehramtInformatikGithubTexRepo')
  syntax.importiere_konfiguration('github_code_repo', '\LehramtInformatikGithubCodeRepo')
  syntax.importiere_konfiguration('git_branch', '\LehramtInformatikGitBranch')
}
```

```
\RequirePackage{hyperref}
```

```
\RequirePackage{minted}
% pygmentize -L styles
\usemintedstyle{colorful}
%\BeforeBeginEnvironment{minted}{\begin{mdframed}}
%\AfterEndEnvironment{minted}{\end{mdframed}}
%\setminted{breaklines=true,linenos}
\setminted{
  breaklines=true,
  linenos,
  fontsize=\footnotesize,
}
```

`\liJavaCode` Im Zeilenfluss einen kurzen Java-Code-Ausschnitt setzen.
Let-Abkürzung: `\let\j=\liJavaCode`

```
\def\liJavaCode#1{\,\mintinline{java}|#1|\,}
```

`\liLatexCode` Im Zeilenfluss einen kurzen LaTeX-Code-Ausschnitt setzen.

```
\def\liLatexCode#1{\mintinline{latex}|#1|}
```

```
\def\li@GithubLink#1#2{
  \begin{flushright}
    \tiny
    Code-Beispiel~auf~Github~ansehen:~
    \href{#1}{\nolinkurl{#2}}
  \end{flushright}
}
```

`\liJavaDatei` Eine komplette Java-Datei einbinden, die Verzeichnis `./Code/src/main/java/org/bschlangaul` liegt.

```
\NewDocumentCommand{\liJavaDatei}{ O{firstline=3} m }{
  \inputminted[#1]{java}{
    \directlua{
      syntax.drucke_absoluten_pfad('#2', false)
    }
  }
  \li@GithubLink
```

```
    {\directlua{syntax.drucke_github_url('#2', false)}}
    {\directlua{syntax.drucke_relativen_repo_pfad('#2', false)}}
}
```

\liJavaTestDatei Eine komplette Java-Test-Datei einbinden, die Verzeichnis `./Code/src/test/java/org/bschlangaul` liegt.

```
\NewDocumentCommand{\liJavaTestDatei}{ O{firstline=3} m }{
  \inputminted[#1]{java}{
    \directlua{
      syntax.drucke_absoluten_pfad('#2', true)
    }
  }
  \li@GithubLink
    {\directlua{syntax.drucke_github_url('#2', true)}}
    {\directlua{syntax.drucke_relativen_repo_pfad('#2', true)}}
}
```

\liJavaExamen `\liJavaExamen{66116}{2015}{03}{Kunde}` Regulärer Ausdruck zum Konvertieren: `\\liJavaDatei(\[.` `\\liJavaExamen$1{$2}{$3}{$4}{$5}`

```
\NewDocumentCommand{\liJavaExamen}{ O{firstline=3} m m m m }{
  \inputminted[#1]{java}{
    \directlua{
      syntax.drucke_absoluten_examens_pfad('#2', '#3', '#4', '#5')
    }
  }

  \li@GithubLink
  {\directlua{syntax.drucke_github_examens_url('#2', '#3', '#4', '#5')}}
  {\directlua{syntax.drucke_relativen_examens_repo_pfad('#2', '#3', '#4', '#5')}}
}
```

\liAssemblerCode

```
\def\liAssemblerCode#1{\mintinline{asm}|#1|}
```

\liAssemblerDatei `\liAssemblerDatei{relativer-pfad}`: Relativer Pfad zu einer Assembler-Datei.

```
\NewDocumentCommand{\liAssemblerDatei}{ m }{
  \inputminted{asm}{#1}
}
```

\liMinispracheDatei `\liMinispracheDatei{relativer-pfad}`: Relativer Pfad zu einer Minisprachen-Datei (Hochsprache für die Minimaschine von Albert Wiedemann).

```
\NewDocumentCommand{\liMinispracheDatei}{ m }{
  \inputminted{componentpascal}{#1}
}
```

\liHaskellCode `\liHaskellCode{haskell}`: Zum Setzen von Haskell-Code.

```
\def\liHaskellCode#1{\mintinline{haskell}|#1|}
```

\liHaskellDatei `\liHaskellDatei{relativer-pfad}`: Relativer Pfad zu einer Haskell-Datei.

```
\NewDocumentCommand{\liHaskellDatei}{ m }{
  \inputminted{haskell}{#1}
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

\liSqlCode `\liHaskellCode{sql}`: Zum Setzen von SQL-Code.
Let-Abkürzung: `\let\s=\liSqlCode`

```
\def\liSqlCode#1{\mintinline{sql}|#1|}
```

2.38 syntaxbaum.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-syntaxbaum}[2021/02/14 Zum Setzen von
Syntaxbäumen mit Hilfe des Pakets tikz-qtree]
\RequirePackage{tikz-qtree}

\tikzset{li parsetree/.style={
    every internal node/.style={
      draw,circle
    },
    every leaf node/.style={
      draw,rectangle
    },
  }
}

```

2.39 synthese-algorithmus.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-synthese-algorithmus}[2021/03/19
Hilfsmakros zum Setzen des Synthese-Algroithmuses zur Umformung einer
Relation in die 3. Normalform]
```

```
\liLadePakete{normalformen,mathe,typographie}
\ExplSyntaxOn
```

```
\let\schrittE=\liSyntheseUeberErklaerung
\begin{enumerate}
\item \schrittE{1}

\begin{enumerate}
\item \schrittE{1-1}
\item \schrittE{1-2}
\item \schrittE{1-3}
\item \schrittE{1-4}
\end{enumerate}

\item \schrittE{2}
\item \schrittE{3}
\item \schrittE{4}
\end{enumerate}
```

1. **Kanonische Überdeckung**

   — *Die kanonische Überdeckung - also die kleinst mögliche noch äquivalente Menge von funktionalen Abhängigkeiten kann in vier Schritten erreicht werden.* —

   (a) **Linksreduktion**

   — *Führe für jede funktionale Anhängigkeit $\alpha \to \beta \in F$ die Linksreduktion durch, überprüfe also für alle $A \in \alpha$, ob A überflüssig ist, d. h. ob $\beta \subseteq AttrHülle(F, \alpha - A)$.*

   (b) **Rechtsreduktion**

   — *Führe für jede (verbliebene) funktionale Abhängigkeit $\alpha \to \beta$ die Rechtsreduktion durch, überprüfe also für alle $B \in \beta$, ob $B \in AttrHülle(F - (\alpha \to \beta) \cup (\alpha \to (\beta - B)), \alpha)$ gilt. In diesem Fall ist B auf der rechten Seite überflüssig und kann eleminiert werden, d. h. $\alpha \to \beta$ wird durch $\alpha \to (\beta - B)$ ersetzt.* —

   (c) **Löschen leerer Klauseln**

   — *Entferne die funktionalen Abhängigkeiten der Form $\alpha \to \emptyset$, die im 2. Schritt möglicherweise entstanden sind.* —

   (d) **Vereinigung**

   — *Fasse mittels der Vereinigungsregel funktionale Abhängigkeiten der Form $\alpha \to \beta_1, \ldots, \alpha \to \beta_n$, so dass $\alpha \to \beta_1 \cup \cdots \cup \beta_n$ verbleibt.* —

2. **Relationsschemata formen**

   — *Erzeuge für jede funktionale Abhängigkeit $\alpha \to \beta \in F_c$ ein Relationenschema $\mathcal{R}_\alpha := \alpha \cup \beta$.* —

3. **Schlüssel hinzufügen**

   — *Falls eines der in Schritt 2. erzeugten Schemata R_α einen Schlüsselkandidaten von $\mathcal{R}$ bezüglich F_c enthält, sind wir fertig, sonst wähle einen Schlüsselkandidaten $\mathcal{K} \subseteq \mathcal{R}$ aus und definiere folgendes zusätzliche Schema: $\mathcal{R}_\mathcal{K} := \mathcal{K}$ und $\mathcal{F}_\mathcal{K} := \emptyset$* —

4. **Entfernung überflüssiger Teilschemata**

   — *Eliminiere diejenigen Schemata R_α, die in einem anderen Relationenschema $R_{\alpha'}$ enthalten sind, d. h. $R_\alpha \subseteq R_{\alpha'}$.* —

\liSyntheseUeberschrift **Let-Abkürzung:** \let\schritt=\liSyntheseUeberschrift

```
\def\liSyntheseUeberschrift#1{
  {
    \bfseries
    \sffamily
    \str_case:nn {#1} {
      {1} {Kanonische~Überdeckung}
      {1-1} {Linksreduktion}
      {1-2} {Rechtsreduktion}
      {1-3} {Löschen~leerer~Klauseln}
      {1-4} {Vereinigung}
      {2} {Relationsschemata~formen}
      {3} {Schlüssel~hinzufügen}
      {4} {Entfernung~überflüssiger~Teilschemata}
    }
  }
}
```

\liSyntheseErklaerung **Let-Abkürzung:** \let\erklaerung=\liSyntheseErklaerung

```
\def\li@synthese@erklaerung@texte#1{
  \str_case:nn {#1} {
    {1} {
      Die~kanonische~Überdeckung~--~also~die~kleinst~mögliche~noch~
      äquivalente~Menge~von~funktionalen~Abhängigkeiten~kann~in~vier~
      Schritten~erreicht~werden.
    }
    {1-1} {
      Führe~für~jede~funktionale~Anhängigkeit~
      $\alpha~\rightarrow~\beta~\in~F$~die~Linksreduktion~durch,~
      überprüfe~also~für~alle~
      $A~\in~\alpha$,~ob~$A$~überflüssig~ist,~d.~h.~ob~
      $\beta~\subseteq~\liAttributHuelle{F,~\alpha~--A}.$
    }
    {1-2} {
      Führe~für~jede~(verbliebene)~funktionale~Abhängigkeit~$\alpha~
      \rightarrow~\beta$~die~Rechtsreduktion~durch,~überprüfe~also~für~
      alle~$B~\in~\beta$,~ob~$B~\in~\liAttributHuelle{F~--~(\alpha~
      \rightarrow~\beta)~\cup~(\alpha~\rightarrow~(\beta~--B)),~
      \alpha}$~gilt.~In~diesem~Fall~ist~B~auf~der~rechten~Seite~
      überflüssig~und~kann~eleminiert~werden,~\dh~$\alpha~
      \rightarrow~\beta$~wird~durch~$\alpha~\rightarrow~(\beta~--B)$~
      ersetzt.
    }
    {1-3} {
      Entferne~die~funktionalen~Abhängigkeiten~der~Form~$\alpha~
      \rightarrow~\emptyset$,~die~im~2.~Schritt~möglicherweise~
      entstanden~sind.
    }
    {1-4} {
      Fasse~mittels~der~Vereinigungsregel~funktionale~Abhängigkeiten~
      der~Form~$\alpha~\rightarrow~\beta\sb{1},~\dots,~\alpha~\rightarrow~
      \beta\sb{n}$,~so~dass~$\alpha~\rightarrow~\beta\sb{1}~\cup~\dots~\cup~
      \beta\sb{n}$~verbleibt.
    }
    % Kemper Seite 197
    {2} {
      Erzeuge~für~jede~funktionale~Abhängigkeit~$\alpha~\rightarrow~
      \beta~\in~F\sb{c}$~ein~Relationenschema~$\mathcal{R}\sb{\alpha}~
      :=~\alpha~\cup~\beta$.
    }
    {3} {
      Falls~eines~der~in~Schritt~2.~erzeugten~Schemata~$R\sb{\alpha}$~
      einen~Schlüsselkandidaten~von~$\mathcal{R}$~bezüglich~$F\sb{c}$~
```

```
      enthält,~sind~wir~fertig,~sonst~wähle~einen~Schlüsselkandidaten~
      $\mathcal{K}~\subseteq~\mathcal{R}$~aus~und~definiere~folgendes~
      zusätzliche~Schema:~$\mathcal{R}\sb{\mathcal{K}}~:=~\mathcal{K}$~
      und~$\mathcal{F}\sb{\mathcal{K}}~:=~\emptyset$
    }
    {4} {
      Eliminiere~diejenigen~Schemata~$R\sb{\alpha}$,~die~in~einem~
      anderen~Relationenschema~$R\sb{\alpha'}$~enthalten~sind,~d.~h.~
      $R\sb{\alpha}~\subseteq~R\sb{\alpha'}$.
    }
  }
}
\def\liSyntheseErklaerung#1{
  {
    \itshape
    \footnotesize
    \liParagraphMitLinien{\li@synthese@erklaerung@texte{#1}}
  }
}
```

\liSyntheseUeberErklaerung **Let-Abkürzung:** `\let\schrittE=\liSyntheseUeberErklaerung`

```
\def\liSyntheseUeberErklaerung#1{
  \liSyntheseUeberschrift{#1}\par
  \liSyntheseErklaerung{#1}
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

2.40 tabelle.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-tabelle}[2020/12/05 Lädt das Paket tabluarx]
\RequirePackage{tabularx}

```

2.41 typographie.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-typographie}[2021/03/20 Typographische Makros,
die das Erscheinungsbild verändern. Die Schriftdefinition sind in
formatierung.sty definiert.]
```

```
\ExplSyntaxOn
```

Mit dem Packet wasysym gab es Unverträglichkeiten, deshalb verwenden wir fontawesome.

```
\RequirePackage{fontawesome}
```

`\liErledigt` `\liErledigt`: ☑

```
\let\liErledigt=\faCheckSquareO
```

`\liNichtsZuTun` `\liNichtsZuTun`: ☑ Nichts zu tun

```
\def\liNichtsZuTun{\faCheckSquareO{}~Nichts~zu~tun}
```

`\liParagraphMitLinien` `\liParagraphMitLinien{Lorem ipsum...}`:
— Lorem ipsum dolor sit, ipsum dolor sit, ipsum dolor sit, ipsum dolor sit, ipsum dolor sit, ipsum dolor sit ———————————————————————————————

```
\def\liParagraphMitLinien#1{
  \noindent
  \vrule height 2pt depth -1.6pt width 0.4cm
  \enspace
  #1
  \enspace
  \leaders\vrule height 2pt depth -1.6pt \hfill \null
  \par
  \medskip
}
```

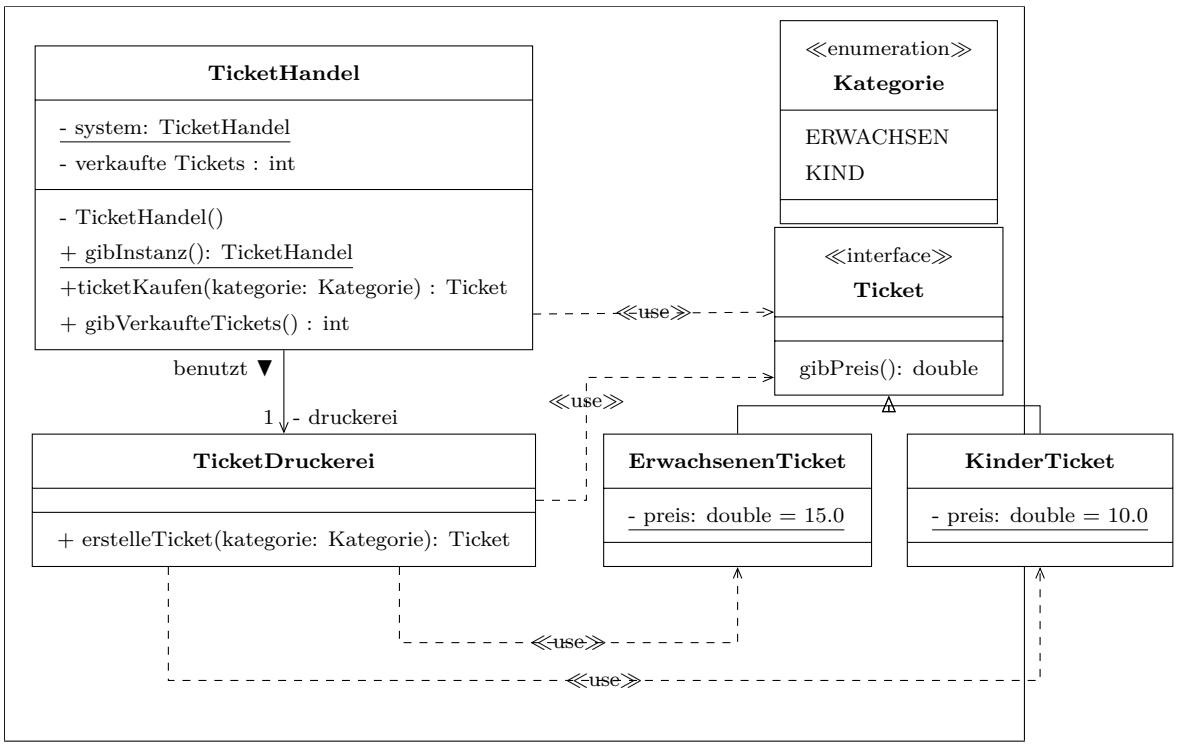
```
\ExplSyntaxOff
```

2.42 uml.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-uml}[2020/06/13 Ein Hüll-Paket um
`tikz-uml', das einige Design-Einstellungen vornimmt und manche
Erweiterung bereitstellt]
```

```
\RequirePackage{tikz-uml}
\RequirePackage{tikz-uml-activity}
% Not compatible with wasysym
%\RequirePackage{mathabx}
\RequirePackage{wasysym}
\usetikzlibrary{positioning}
```

```
\tikzumlset{
  fill class=white!0,
  font=\footnotesize,
  fill object=white!0,
  fill note=white!0,
  fill state=white!0,
  % Use case
  fill usecase=white!0,
  fill system=white!0,
}
```



\liUmlLeserichtung

```
\umluniassoc[arg1=,mult2=1,arg2=- druckerei,name=benutzt]{TicketHandel}{TicketDruckerei}
\liUmlLeserichtung[pos=below left,dir=down,distance=0cm]{benutzt}
```

```
\NewDocumentCommand{ \liUmlLeserichtung } { O{dir=right} m } {
  \def\@liDirLeft{}
  \def\@liDirRight{ \RIGHTarrow}
  \pgfkeys{/lese/dir/.is choice}
  \pgfkeys{/lese/dir/up/.code={\def\@liDirRight{ \UParrow}}}
  \pgfkeys{/lese/dir/down/.code={\def\@liDirRight{ \DOWNarrow}}}
  \pgfkeys{/lese/dir/left/.code={\def\@liDirRight{}\def\@liDirLeft{\LEFTarrow }}}
  \pgfkeys{/lese/dir/right/.code={\def\@liDirRight{ \RIGHTarrow}}}

  \def\@liPos{above}
  \pgfkeys{/lese/pos/.code={\def\@liPos{##1}}}

```

```
  \def\@liDistance{0cm}
  \pgfkeys{/lese/distance/.code={\def\@liDistance{##1}}}

  \pgfkeys{/lese/.cd,#1}

  \node[\@liPos = \@liDistance of #2-middle] {
    \@liDirLeft{\footnotesize#2}\@liDirRight
  };
}
```

2.43 vollstaendige-induktion.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-vollstaendige-induktion}[2021/07/01
Hilfsmakros zum Setzen der Vollständigen Induktion, vor allem die
Überschriften für die einzelnen Schritte]
```

Lade häufig benötigte Pakete

```
\RequirePackage{lehramt-informatik-typographie}
\RequirePackage{lehramt-informatik-mathe}
\RequirePackage{lehramt-informatik-syntax}
\ExplSyntaxOn
```

\liInduktionAnfang

```
\def\liInduktionAnfang{
  \liPseudoUeberschrift{Induktionsanfang}

  % https://de.wikibooks.org/wiki/Mathe_für_Nicht-Freaks:_Vollständige_Induktion
  \liParagraphMitLinien{
    Beweise,~dass~$A(1)$~eine~wahre~Aussage~ist.
  }
}
```

\liInduktionVoraussetzung

```
\def\liInduktionVoraussetzung{
  \liPseudoUeberschrift{Induktionsvoraussetzung}

  % https://de.wikibooks.org/wiki/Mathe_für_Nicht-Freaks:_Vollständige_Induktion
  \liParagraphMitLinien{
    Die~Aussage~$A(k)$~ist~wahr~für~ein~beliebiges~$k \in \mathbb{N}$.
  }
}
```

\liInduktionSchritt

```
\def\liInduktionSchritt{
  \liPseudoUeberschrift{Induktionsschritt}

  % https://de.wikibooks.org/wiki/Mathe_für_Nicht-Freaks:_Vollständige_Induktion
  \liParagraphMitLinien{
    Beweise,~dass~wenn~$A(n=k)$~wahr~ist,~
    auch~$A(n=k+1)$~wahr~sein~muss.
  }
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

2.44 wasserfall.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-wasserfall}[2020/06/10]
\RequirePackage{tikz}
\tikzset{wasserfall/.style={
  >=stealth,
  node distance = 2mm and -8mm,
  start chain = A going below right,
  every node/.style = {
    draw,
    text width=24mm,
    minimum height=12mm,
    align=center,
    inner sep=1mm,
    fill=white,
    drop shadow={fill=black},
    on chain=A
  },
}}
\usetikzlibrary{chains,positioning,shadows}

```

2.45 wpkalkuel.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-wpkalkuel}[2020/06/13]
```

Let-Abkürzungen

```
\let\wp=\liWpKalkuel
\let\equivalent=\liWpEquivalent
\let\erklaerung=\liWpErklaerung
```

```
\RequirePackage{amsmath}
```

```
\ExplSyntaxOn
```

\liWpKalkuel **Let-Abkürzung:** `\let\wp=\liWpKalkuel`

```
\def\liWpKalkuelOhneMathe#1#2{
  \text{wp}(\texttt{\scriptsize"#1"},\thinspace #2)
}
\def\liWpKalkuel#1#2{
  \ifmmode
    \liWpKalkuelOhneMathe{#1}{#2}
  \else
    $\liWpKalkuelOhneMathe{#1}{#2}$
  \fi
}
```

\MatheEnv

```
\def\MatheEnv#1{
  \medskip

  \hspace{1em}#1

  \medskip
}
```

\Mathe

```
\def\Mathe#1{
  \MatheEnv{$#1$}
}
```

\liWpEquivalent **Let-Abkürzung:** `\let\equivalent=\liWpEquivalent`

```
\def\liWpEquivalent#1{
  \MatheEnv{$\equiv$\hspace{1em}$#1$}
}
```

\liWpErklaerung **Let-Abkürzung:** `\let\erklaerung=\liWpErklaerung`

```
\newlength{\@Skip@Erklaerung@Reset}
\def\liWpErklaerung#1{
  \setlength{\@Skip@Erklaerung@Reset}{\leftskip}
  \setlength{\leftskip}{0.5cm}

  \par
  \noindent
  {
    \scriptsize
    #1
  }
  \par

  \setlength{\leftskip}{\@Skip@Erklaerung@Reset}
}
```

\liWpErklaerungVerzweigung

```
\def\liWpErklaerungVerzweigung{
  $\liWpKalkuelOhneMathe{if~\{~b~\}~then~\{~a1~\}~else~\{~a2~\}}{Q}
  \equiv
  (b \land \liWpKalkuelOhneMathe{a1}{Q})
  \lor
  (\neg b \land \liWpKalkuelOhneMathe{a2}{Q})$
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

3 Index

Numbers written in italic refer to the page where the corresponding entry is described; numbers underlined refer to the code line of the definition; numbers in roman refer to the code lines where the entry is used.

Symbols

\# 109
\, ... 331, 386, 1063, 1065, 1551, 1552, 1553, 1860, 2330
\@Skip@Erklaerung@Reset . . . 2638, 2640, 2651
\@afterheading 1518
\@afterindentfalse . 1518
\@liDirLeft 2535, 2540, 2552
\@liDirRight 2536, 2538, 2539, 2540, 2541, 2552
\@liDistance 2546, 2547, 2551
\@liPos . . 2543, 2544, 2551
\\ 596, 616, 617, 620, 621, 624, 625, 697, 698, 699, 774, 776, 794, 803, 844, 883, 884, 885, 890, 891, 892, 908, 1425, 1782, 1839, 1842
\{ 207, 998, 1008, 1020, 1021, 1026, 1040, 1062, 1281, 1827, 1850, 2205, 2654
\} 207, 998, 1008, 1020, 1021, 1028, 1046, 1066, 1282, 1827, 1854, 2205, 2654
_ 27, 35, 44, 46, 287, 306, 330, 331, 345, 346, 352, 355, 358, 368, 380

A

\addbibresource 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404
\advance 2254
\AfterEndEnvironment 2323
\allsectionsfont . . . 1112
\Alph 1126
\alph 1126, 1127
\alpha 2430, 2432, 2433, 2436, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2446, 2452, 2453, 2458, 2459, 2460, 2463, 2471, 2472, 2473
\arabic 1126, 2049, 2054, 2059, 2065, 2071, 2077
\arraystretch 1777

B

\BeforeBeginEnvironment 2322
\begin . . 614, 656, 671, 695, 719, 753, 772, 782, 790, 810, 838, 855, 881, 902, 919, 934, 1042, 1046, 1132, 1207, 1235, 1244, 1251, 1359, 1417, 1469, 1474, 1482, 1507, 1512, 1523, 1533, 1537, 1620, 1624, 1640, 1663, 1686, 1701, 1780, 1781, 1831, 1969, 1989, 2130, 2152, 2166, 2322, 2333
\begingroup 1418, 1829, 2250
\beschriftung 1449, 1453, 1457, 1461, 1465, 1467
\beta 2430, 2433, 2437, 2438, 2439, 2442, 2452, 2453, 2454, 2459, 2460
\bf 2027, 2028, 2029
\bfseries . . 475, 1116, 1118, 2027, 2033, 2035, 2037, 2038, 2407
\bigskip 48, 364, 598, 603, 1427, 1755
\bool 309, 332
\bowtie 2175, 2178, 2179, 2180
\Box 159
\boxtimes 463

C

\c 1209, 1210
\cdot 1595, 1648, 1659
\centerline 1240, 2128, 2150, 2165
\chapter 1116, 1117
\char 1425
\clearpage 1419
\cline 596
\clist 226, 270, 271, 284, 288, 2262
\columnbreak 2297
\cs 287, 306, 330, 331, 368, 380, 1501
\csname 1194, 1197
\cup 1021, 2439, 2453, 2460

D

\DeclareMathSymbol 1725, 1726
\DecoINERT 2052, 2125, 2126, 2148
\DecoINERTwithPivot 2068, 2147
\DecoLEFT 2047, 2146
\DecoLEFTwithPivot 2062, 2124
\DecoRIGHT 2057, 2149, 2159
\DecoRIGHTwithPivot 2074, 2127
\definecolor 1114
\delta 65, 107, 165, 207, 1012
\dh 1553, 2441
\directlua 58, 137, 195, 200, 992, 1007, 1027, 1035, 1043, 1049, 1812, 1817, 1845, 1852, 1857, 2217,

2309, 2341, 2346, 2347, 2351, 2356, 2357, 2361, 2367, 2368
\do 2048, 2053, 2058, 2063, 2069, 2075
\dots 506, 510, 1281, 1976, 2452, 2453
\DOWNarrow 2539
\draw 1214, 1217, 1220, 1924, 2223, 2226

E

\edef 1205, 2141, 2145, 2157, 2158
\else 570, 578, 586, 1002, 1016, 1054, 1465, 1568, 1578, 1588, 1602, 1823, 1919, 2087, 2280, 2282, 2621
\emph 962, 1262, 1291, 1293, 1424
\empty 1465
\emptyset 1769, 2447, 2468
\end ... 653, 667, 692, 716, 750, 769, 779, 787, 806, 835, 852, 877, 899, 915, 931, 949, 1044, 1046, 1134, 1223, 1247, 1248, 1255, 1364, 1422, 1471, 1479, 1498, 1514, 1515, 1529, 1540, 1541, 1622, 1635, 1660, 1683, 1698, 1708, 1784, 1785, 1833, 1979, 1999, 2130, 2152, 2166, 2323, 2337
\endcsname 1194, 1197
\endgroup 1421, 1834, 2255
\enspace 2505, 2507
environments:
liAdditum 1472
liAHuelle 1828
liAntwort 1443
liDiagramm 1531
liEinbettung 1442
liExkurs 1480
liGraphenFormat . 1186
liKasten 1131
liKontrollflussgraph 1358
liLernkartei 1521
liProduktionsRegeln 1036
liProjektSprache 1441
liQuellen 1501
liRelationenSchemaFormat 2209
liRmodell 2189
liUebergangsTabelle 1777
\equiv 2636, 2655
\erzeuge@tiefgestellt ... 1007, 1008, 1012
\expandafter 1194, 2083, 2085, 2086, 2087, 2095, 2253
\ExplSyntaxOff . 50, 92, 134, 139, 192, 197, 202, 393, 528, 550, 565, 986, 1068, 1103, 1379, 1543, 1618, 1805, 1952, 2202, 2263, 2381, 2488, 2512, 2589, 2660
\ExplSyntaxOn .. 22, 61, 102, 135, 160, 193, 198, 223, 470, 534, 551, 959, 1058, 1080, 1372, 1444, 1557, 1787, 1933, 2190, 2260, 2308, 2404, 2498, 2563, 2614

F

\faCheckSquareO 2500, 2501
\faCircleThin 978
\faGg 972
\fancyfoot 1138, 1139, 1140
\fancyhead 1137
\faSquareO 966
\fi 572, 580, 588, 1004, 1018, 1056, 1468, 1570, 1580, 1590, 1604, 1825, 1921, 2088, 2280, 2281, 2284, 2286, 2623
\fontspec 1112
\footcite 668, 690, 726, 749, 768, 807, 834, 876, 1260, 1263, 1270, 1275, 1280, 1284, 1290, 1295, 1384, 1636, 1637, 1792, 1982
\footnote 1545, 1549
\footnotesize 147, 341, 424, 520, 983, 1440, 1493, 1508, 1524, 1736, 1830, 1937, 1946, 2189, 2328, 2480, 2526, 2552
\footrulewidth 1143
\foreach . 1209, 1212, 1219
\forestFirst .. 2277, 2280
\forestLast ... 2278, 2280
\forestOget ... 2277, 2278
\forestOnes 2290
\forestOv 2279, 2280, 2283
\forestov . 2269, 2273, 2274, 2277, 2278, 2279, 2280, 2282, 2283
\forestset 2265, 2288
\forestSortLevel 2267, 2275, 2289, 2290
\frac 1597, 1628, 1659, 1674
\fullouterjoin 2180

G

\g 29, 37, 270, 271, 284, 288, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 307, 311, 312, 313, 316, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 334, 335, 336, 337, 345, 346, 348, 354, 355, 357, 358, 360, 361, 369, 374, 376, 381, 383, 387
\Gamma . 106, 164, 207, 1021
\gappto 2285
\geq 1288, 1965, 1970, 1986, 1990

H

\hbox 2175
\headrulewidth 1142
\hfill 1644, 1650, 1655, 2508
\hinweis 1440
\hline 1782
\href 370, 1076, 1549, 1712, 2336
\hspace .. 1927, 2628, 2636
\ht 2176

I

\i 1219, 1220
\ifcase 2084
\ifmmode 568, 576, 584, 1000, 1014, 1052, 1566, 1576, 1586, 1600, 1821, 1917, 2619
\IfNoValueTF 1475, 1545, 1549
\ifnum 2011, 2252, 2268, 2276, 2282
\ifx 1465, 2280
\in 494, 600, 1288, 1610, 1613, 1616, 1642, 1648, 1653, 1965, 1976, 1986, 1996, 2430, 2432, 2438, 2459, 2577
\inhaltsverzeichnis 1416
\input . 4, 7, 10, 13, 16, 394
\inputminted 2340, 2350, 2360, 2372, 2375, 2379
\int 2262
\item 463, 464, 673, 677, 682, 687, 720, 729, 734, 742, 783, 811, 816, 823, 831, 856, 861, 865, 870, 935, 940, 945, 1245, 1246, 1501, 1505, 1625, 1628, 1632, 1641, 1647, 1652, 1664,

1668, 1672, 1676, 1680, 1687, 1691, 1695, 1970, 1973, 1976, 1990, 1993, 1996
\itshape 519, 2479

J

\j 1209, 1210, 1212, 1213, 1214, 1219, 1220, 1221

K

\k 1219
\keys 31, 70, 82, 112, 122, 170, 180, 292, 538, 542, 556, 561, 1087, 1094

L

\l 63, 64, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 536, 539, 544, 545, 548, 553, 554, 557, 558, 563, 1082, 1083, 1084, 1085, 1088, 1089, 1090, 1091, 1097, 1098, 1099, 1100, 1375, 1376, 1377, 1504, 1505, 1506, 1513
\labelenumi 1127
\labelenumii 1128
\labelitemi 1121
\labelitemii 1122
\labelitemiii 1123
\labelitemiv 1124
\land 2656, 2658
\LARGE 1116
\large 1240, 2239
\leaders 2508
\left 1560
\LEFTarrow 2540
\leftarrow 582
\leftouterjoin 2178
\leftskip 2640, 2641, 2651
\LehramtInformatikGitBranch 373, 2316
\LehramtInformatikGithubCodeRepo 2315
\LehramtInformatikGithubDomain 2312
\LehramtInformatikGithubRawDomain 371, 2313
\LehramtInformatikGithubTexRepo 372, 2314
\LehramtInformatikRepository 4, 7, 10, 13, 16, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 2311
\leq 1659, 1973, 1993
\let 1010, 1011, 1419, 2124, 2125, 2126, 2127, 2140, 2142, 2143, 2144, 2146, 2147, 2148, 2149, 2159, 2251, 2289, 2290, 2500
\li@chomsky@erklaerung@texte 485, 521
\li@fussnote@text 1733, 1739, 1743, 1747, 1751
\li@GithubLink 2332, 2345, 2355, 2366
\li@mget . 1196, 1200, 1220
\li@minc 1199, 1221
\li@mset 1193, 1201, 1210, 1213
\li@numdiscs 1205, 1214, 1220
\li@Rmodell@Schrift 2189, 2198, 2208
\li@sequence .. 1206, 1219
\li@synthese@erklaerung@texte 2421, 2481
\liAbleitung 1035
liAdditum (environment) 1472
liAHuelle (environment) 1828
\liAlphabet 1020
liAntwort (environment) 1443
\liAnweisung 1366
\liAssemblerCode ... 2370
\liAssemblerDatei .. 2371
\liAttribut 2208
\liAttributHuelle 1819, 2433, 2438
\liAttributHuelleLinksReduktion 1836
\liAttributHuelleOhneMathe 1819, 1822, 1824, 1838
\liAttributMenge 1827, 1838, 1841
\liAufgabe 3
\liAufgabenTitel 23
\liAusdruck 1059
\liAutomat 61
\liAutomatenKante 93
\liBandAlphabet 1021
\liBedingung 1367
\liBedingungDrei 1615, 1655, 1695
\liBedingungEins 1609, 1644, 1687
\liBedingungFalsch . 1369
\liBedingungWahr ... 1368
\liBedingungZwei 1612, 1650, 1691
\liBeschriftung 1432
\liChomskyErklaerung 485, 526
\liChomskyUeberErklaerung 524
\liChomskyUeberschrift 473, 525
\liCpmEreignis 534
\liCpmFruehesterI ... 591
\liCpmSpaetesterI ... 590
\liCpmVon 574
\liCpmVonOhneMathe 574, 577, 579
\liCpmVonZu 566
\liCpmVonZuOhneMathe 566, 569, 571
\liCpmVorgang 551
\liCpmZu 582
\liCpmZuOhneMathe 582, 585, 587
liDiagramm (environment) 1531
liEinbettung (environment) 1442
\liEntwurfsAbstrakteFabrikUml 613
\liEntwurfsAdapterAkteure 670
\liEntwurfsAdapterUml 655
\liEntwurfsBeobachterAkteure 718
\liEntwurfsBeobachterUml 694
\liEntwurfsDekoriererUml 752
\liEntwurfsEinzelstueckAkteure 781
\liEntwurfsEinzelstueckUml 771
\liEntwurfsErbauerAkteure 809
\liEntwurfsErbauerUml 789
\liEntwurfsFabrikmethodeAkteure 854
\liEntwurfsFabrikmethodeUml 837
\liEntwurfsKompositumUml 880
\liEntwurfsModellPraesentationSteuerungUm 901
\liEntwurfsZustandAkteure 933
\liEntwurfsZustandUml 918
\liEpsilon 1006
\liErAttribute 962, 976, 978
\liErDatenbankName .. 981

\liErEntity . 960, 964, 966
\liErledigt 2500
\liErMpAttribute 975
\liErMpEntity 963
\liErMpRelationship . 969
\liErRelationship 961, 970, 972
\liExamensAufgabe 6
\liExamensAufgabeA ... 15
\liExamensAufgabeTA .. 12
\liExamensAufgabeTTA .. 9
liExkurs (environment) 1480
\liFalsch 464
\liFlaci 1069
\liFremd 2188
\liFunktionaleAbhaengigkeit 1844
\liFunktionaleAbhaengigkeiten 1847
\liFussnote ... 1732, 1734
\liFussnoteDreiText 1746, 1764
\liFussnoteEinsText 1738, 1758
\liFussnoteLink 1548
\liFussnoten 1754
\liFussnoteUrl . 916, 1544
\liFussnoteVierText 1750, 1767
\liFussnoteZweiText 1742, 1761
\liGrammatik 1080
liGraphenFormat (environment) 1186
\liHanoi 1193
\liHaskellCode 2377
\liHaskellDatei 2378
\liInduktionAnfang . 2564
\liInduktionSchritt 2580
\liInduktionVoraussetzung 2572
\liJavaCode 2330
\liJavaDatei 2339
\liJavaExamen 2359
\liJavaTestDatei ... 2349
liKasten (environment) 1131
\liKellerAutomat 102
\liKellerKante 140
\liKellerUebergang 135, 141
\liKontrollCode 1370
liKontrollflussgraph (environment) 1358
\liKontrollKnotenPfad 1372
\liKontrollTextzeileKnoten 1371, 1376
\liKurzeTabellenLinie 596
\liLadeAllePakete ... 228
\liLadePakete 54, 57, 224, 229, 472, 533, 1230, 1731, 1811, 1932, 2403
\liLatexCode 2331
\liLeereZelle 1769
liLernkartei (environment) 1521
\liMasterExkurs 1700
\liMasterFaelle 1639, 1707
\liMasterFallRechnung 1685
\liMasterVariablen 1619, 1702
\liMasterVariablenDeklaration 1662
\liMasterWolframLink 1710
\liMenge ... 71, 72, 74, 113, 114, 115, 119, 171, 172, 173, 177, 998, 1049, 1088, 1089
\liMengeOhneMathe 998, 1001, 1003
\liMinimierungErklaerung 1791
\liMinispracheDatei 2374
\linespread 2196
\liNichtsZuTun 2501
\liO 1582, 1610
\liOmega 1572, 1616
\liOmegaOhneMathe 1572, 1577, 1579
\liOOhneMathe 1582, 1587, 1589
\liParagraphMitLinien . 521, 1793, 2481, 2502, 2568, 2576, 2584
\liPetriErreichKnotenDrei 1926
\liPetriErreichTransition 1923
\liPetriSetzeSchluessel 1868
\liPetriTransitionsName 1915, 1927
\liPetriTransitionsNameOhneMathe ... 1915, 1918, 1920
\liPetriTransPfeile 1927
\liPolynomiellReduzierbar 1250
\liPotenzmenge 1007, 1011, 1938
\liPotenzmengeOhneMathe ... 1008, 1009, 1010
\liPrimaer 2187
\liProblemBeschreibung 1234
\liProblemClique ... 1257
\liProblemName 1233, 1240, 1252, 1254, 1267, 1278, 1279, 1287, 1288
\liProblemSat 1286
\liProblemSubsetSum 1277, 1286
\liProblemVertexCover 1257, 1265
\liProduktionen 1048, 1090
liProduktionsRegeln (environment) 1036
liProjektSprache (environment) 1441
\liPseudoUeberschrift 1426, 1476, 1477, 1779, 1789, 2565, 2573, 2581
\liPumpingKontextfrei 1984
\liPumpingRegulaer . 1963
liQuellen (environment) 1501
\liRekursionsGleichung 1606, 1666
\liRelation 1856
liRelationenSchemaFormat (environment) 2209
\liRelationMenge ... 2203
\liRichtig 463
liRmodell (environment) 2189
\liRundeKlammer . 1559, 1563, 1573, 1583, 1597
\liSetzeAufgabenTitel . 25
\liSortierMarkierung 2228
\liSortierPfeil 2222
\liSortierPfeilUnten 2225
\liSpaltenUmbruch .. 2297
\liSqlCode 2382
\listen@punkt .. 1501, 1513
\liStrich 1232
\liSyntheseErklaerung 2421, 2486
\liSyntheseUeberErklaerung 2484
\liSyntheseUeberschrift 2405, 2485
\liT 1592, 1607, 1621, 1682
\liTeilen 1816
\literatur 1383, 1407
\liTheta 1562, 1613, 1642, 1648, 1653
\liThetaOhneMathe 1562, 1567, 1569
\liTOhneMathe 1592, 1601, 1603
\liTuringKante 203
\liTuringLeerzeichen 159, 167
\liTuringMaschine ... 160
\liTuringUeberfuehrung 206
\liTuringUebergaenge 198, 204
\liTuringUebergangZelle 193
\liUeberfuehrungsFunktion 1012
\liUeberfuehrungsFunktionOhneMathe ... 1012, 1015, 1017

liUebergangsTabelle (environment) 1777
\liUeberschriftDreiecksTabelle 1787
\liUmlLeserichtung . 2534
\liVertauschen 2216
\liWortInSprache 597
\liWortNichtInSprache 602
\liWpEquivalent 2635
\liWpErklaerung 2638
\liWpErklaerungVerzweigung 2653
\liWpKalkuel 2615
\liWpKalkuelOhneMathe 2615, 2620, 2622, 2654, 2656, 2658
\liZustandsBuchstabe 1022, 1031, 1033, 1053, 1055
\liZustandsBuchstabeGross . . . 1023, 1032, 1034
\liZustandsmenge . . . 1010
\liZustandsmengeNr 1024, 1947
\liZustandsmengeNrGross 1032
\liZustandsMengenSammlung 1934
\liZustandsMengenSammlungNr 1943
\liZustandsmengeOhneMathe 1010
\liZustandsname 1033
\liZustandsnameGross . . . 1034, 1935, 1944
\liZustandsnameTiefgestellt 1051
\liZustandsPaar 1771
\liZustandsPaarVariablenName . . . 1770, 1773, 1774
\llap 2176
\log 1610, 1613, 1616, 1642, 1648
\loop 2009
\lor 2657
\ltimes 1718

M

\makeatletter . . 1517, 2248
\makeatother . . 1519, 2256
\marginpar 965, 971, 977, 1424
\mathbb . . 1288, 1996, 2577
\mathbin . 2178, 2179, 2180
\mathcal . . 1583, 2459, 2464, 2466, 2467, 2468
\Mathe 2632
\MatheEnv 2625, 2633, 2636
\mathord 1725, 1726
\mdfsetup 1130, 1450, 1454, 1458, 1462
\medskip 1242, 1435, 1437, 1511, 1539, 2194, 2200, 2510, 2626, 2630
\memph 1424
\mintinline 2330, 2331, 2370, 2377, 2382
\mkern . . . 2178, 2179, 2180
\mlq 1723, 1725
\mrq 1723, 1726
\msg 39, 391
\myList 2269, 2270, 2271, 2274
\myNodes 2258, 2273, 2279, 2283, 2285

N

\NeedsTeXFormat 1, 19, 52, 220, 398, 459, 466, 530, 593, 608, 952, 988, 1105, 1145, 1154, 1159, 1188, 1226, 1298, 1381, 1387, 1409, 1555, 1715, 1728, 1807, 1863, 1929, 1954, 1959, 2003, 2169, 2182, 2211, 2292, 2299, 2304, 2384, 2399, 2490, 2494, 2514, 2556, 2591, 2611
\neg 2658
\negthinspace 1560
\newcounter . . . 2023, 2024
\NewDocumentCommand . 62, 103, 140, 161, 203, 224, 535, 552, 597, 602, 1059, 1081, 1250, 1373, 1385, 1544, 1548, 1847, 1856, 1923, 2339, 2349, 2359, 2371, 2374, 2378, 2534
\NewDocumentEnvironment 1036, 1131, 1186, 1358, 1441, 1442, 1445, 1472, 1480, 1502, 1521, 1531, 1778, 1828, 2191, 2209
\newlength 2638
\node 548, 1366, 1371, 2049, 2054, 2059, 2065, 2071, 2077, 2228, 2273, 2551
\noexpand 2137, 2138, 2139, 2158, 2273
\noindent 343, 599, 604, 1039, 1428, 1430, 1434, 1438, 1466, 1494, 1496, 1509, 1525, 1527, 1535, 1704, 1757, 1760, 1763, 1766, 1849, 1854, 2204, 2503, 2644
\nolinkurl 2336
\normalsize 1118
\notin 605
\null 2508

O

\o@join 2175, 2178, 2179, 2180
\Omega 1573
\omega 1965, 1966, 1986, 1987
\or 2086

P

\pagestyle 1141
\par 342, 363, 525, 1070, 1078, 1433, 1495, 1518, 1526, 1848, 1851, 1853, 2128, 2150, 2165, 2206, 2485, 2509, 2643, 2649
\paragraph 1118
\parindent 2197
\path 94, 141, 204, 563
\pgfkeys . . 1879, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2544, 2547, 2549
\pgfmath@count 2250, 2252, 2254
\pgfmath@smuggleone 2255
\pgfmathdeclarefunction 2249
\pgfmathint 2250
\pgfmathparse 1200, 2267, 2272, 2275, 2289, 2290
\pgfmathresult 1201, 2250, 2251, 2253, 2255, 2268, 2276, 2289, 2290
\pgfutil@empty 2251
\pgfutil@loop 2252
\pgfutil@repeat 2255
\preceq 1253
\prime 1232
\printbibliography . 1407
\ProvidesPackage 2, 20, 53, 221, 399, 460, 467, 531, 594, 609, 953, 989, 1106, 1146, 1155, 1160, 1189, 1227, 1299, 1382, 1388, 1410, 1556, 1716, 1729, 1808, 1864, 1930, 1955, 1960, 2004, 2170, 2183, 2212, 2293, 2300, 2305, 2385, 2400, 2491, 2495, 2515, 2557, 2592, 2612

Q

\QS@list 2130, 2141, 2145, 2152, 2158, 2163, 2166

\QS@select@equal 2105, 2109
\QS@select@greater .. 2106, 2110
\QS@select@smaller .. 2101, 2104, 2108
\QS@sort@a 2083, 2116, 2137, 2138
\QS@sort@b 2083, 2084
\QS@sort@c 2087, 2094
\QS@sort@d 2095, 2103
\QS@sort@empty . 2085, 2090
\QS@sort@single 2086, 2091
\QSinitialize ... 2008, 2120, 2155
\QSIr . 2091, 2097, 2105, 2125, 2139, 2144, 2147
\QSIrr 2126, 2139, 2140, 2148
\QSLr 2097, 2104, 2115, 2116, 2124, 2137, 2142, 2146
\QSpivotStep 2010, 2120, 2124, 2135
\QSr 2097
\QSRr 2106, 2127, 2138, 2143, 2149, 2158, 2159, 2160
\QSsortStep 2012, 2120, 2136, 2137
\quad 1735

R

\raisebox 1371
\relax 1419, 2097, 2140, 2142, 2143, 2144, 2252, 2254
\renewcommand 1121, 1122, 1123, 1124, 1127, 1128, 1142, 1143, 1777
\repeat 2013
\RequirePackage 55, 158, 222, 226, 395, 401, 402, 462, 532, 612, 955, 957, 958, 996, 997, 1107, 1108, 1111, 1113, 1115, 1120, 1129, 1136, 1147, 1148, 1157, 1161, 1162, 1163, 1191, 1192, 1231, 1300, 1384, 1389, 1390, 1406, 1413, 1414, 1415, 1443, 1558, 1719, 1720, 1865, 1867, 1957, 2017, 2019, 2171, 2172, 2173, 2186, 2214, 2245, 2296, 2302, 2307, 2318, 2319, 2387, 2492, 2499, 2518, 2519, 2521, 2522, 2560, 2561, 2562, 2593, 2613
\right 1560
\RIGHTarrow ... 2536, 2541
\Rightarrow 600, 605
\rightarrow 207, 489, 494, 502, 506, 508, 509, 511, 566, 574, 1927, 2430, 2437, 2439, 2442, 2447, 2452, 2453, 2458
\rightouterjoin 2179
\Roman 1126
\roman 1126, 1128
\romannumeral 2095
\rtimes 1718
\rule 2128, 2150, 2165, 2176

S

\sb 67, 77, 79, 108, 166, 501, 502, 506, 509, 510, 511, 1053, 1055, 1610, 1613, 1616, 1642, 1648, 1797, 1915, 1924, 2452, 2453, 2454, 2459, 2463, 2464, 2467, 2468, 2471, 2472, 2473
\scriptscriptstyle .. 566, 574, 582
\scriptsize 1072, 1311, 1318, 1324, 2616, 2646
\section 46
\seq . 1375, 1376, 1377, 1504, 1505, 1506, 1513
\setbox 2175
\setcounter 1119, 2129, 2151, 2165
\setganttlinklabel .. 1149, 1150, 1151, 1152
\setlength 2197, 2640, 2641, 2651
\setmainfont 1109
\setmainlanguage 396
\setminted 2324, 2325
\setsansfont 1110
\setul 2188
\sffamily 476, 1116, 1118, 1220, 2408
\shoveleft 1837
\shoveright 1840
\Sigma 64, 105, 163, 1020, 1021, 1083
\sigma 499, 501, 502
\SLASH 1425
\small 1534
\sort 2262
\sortList 2261, 2270
\square 464
\stepcounter 2049, 2054, 2059, 2062, 2064, 2068, 2070, 2074, 2076
\str .. 477, 486, 1447, 1939, 1948, 2409, 2422
\StrSubstitute . 2269, 2271
\strut 1664, 1668, 1672, 1676, 1680, 2297
\subseteq 2433, 2466, 2473

T

\tableofcontents ... 1420
\text 77, 79, 182, 1819, 2616
\textbf 960, 1258, 1267, 1278, 1287, 1429, 1436, 1467, 1495, 1510, 1526, 1782
\textcolor 1370
\textit 844, 883, 884, 885, 886, 1536, 1827, 1860
\textsc 1233
\textsf 1429, 1510
\textstyle 1628, 1659
\texttt 983, 1233, 1367, 1368, 1369, 1370, 2616
\thepage 1140
\theparagraph 1118
\Theta 1563
\thinspace 2616
\tikz 1371
tikz: bbaum 23
tikz: li binaer baum 21
\tikzchildnode 419
\tikzparentnode 419
\tikzset 96, 143, 209, 404, 430, 1165, 1302, 1905, 2031, 2235, 2389, 2594
\tikzumlset 2524
\times 207
\tiny 966, 972, 978, 1370, 1424, 2334
\titleformat .. 1116, 1118
\titlespacing 1117
\tl . 29, 37, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 285, 289, 307, 311, 312, 313, 316, 321, 322, 323, 334, 335, 336, 337, 348, 354, 357, 360, 369, 383, 536, 539, 544, 545, 553, 554, 557, 558, 1061, 1082, 1083, 1084, 1085, 1088, 1089, 1090, 1091, 1593
\TmpPlaceEight 1887
\TmpPlaceFive 1884
\TmpPlaceFour 1883
\TmpPlaceNine 1888
\TmpPlaceOne 1880

\TmpPlaceSeven 1886
\TmpPlaceSix 1885
\TmpPlaceTen 1889
\TmpPlaceThree 1882
\TmpPlaceTwo 1881
\TmpScale 1900
\TmpTransitionEight 1876, 1897
\TmpTransitionFive 1873, 1894
\TmpTransitionFour 1872, 1893
\TmpTransitionNine 1877, 1898
\TmpTransitionOne 1869, 1890
\TmpTransitionSeven 1875, 1896
\TmpTransitionSix 1874, 1895
\TmpTransitionTen 1878, 1899
\TmpTransitionThree 1871, 1892
\TmpTransitionTwo 1870, 1891
\TmpX 1901
\TmpY 1902
\ttfamily 2189

U

\ul 961, 2187, 2188
\umlaggreg 928
\umlassoc 914
\umlclass ... 615, 619, 623, 658, 659, 660, 696, 701, 706, 709, 754, 755, 756, 761, 762, 773, 792, 793, 796, 843, 846, 882, 888, 889, 903, 904, 905, 920, 921, 922, 923
\umldep 851
\umlHVHaggreg 714, 767, 898
\umlinherit 664, 704, 800, 841, 849
\umlnote 666, 802, 930
\umlreal 662, 712
\umlsimpleclass 630, 631, 632, 636, 638, 639, 640, 657, 791, 839, 840
\umlstatic 774
\umluniaggreg 798
\umluniassoc 650, 663, 799, 912, 913
\umlVHuniassoc .. 651, 652
\umlVHVdep 644, 645, 647, 648
\umlVHVinherit ... 627, 628, 633, 634, 641, 642, 764, 765, 896, 897
\umlVHVreal 758, 759, 925, 926
\UParrow 2538
\url 1545
\usemintedstyle 2321
\usetikzlibrary 56, 403, 956, 1164, 1301, 1866, 2174, 2215, 2246, 2523, 2609

V

\value 2011
\varepsilon 478, 489, 490, 1006, 1610, 1616, 1645, 1656
\vfill 2297
\vrule 2504, 2508
\vspace 1041, 1045, 1481, 1499

X

\xappto .. 2273, 2279, 2283
\xdef 1194
\xintApply 2099
\xintApplyUnbraced .. 2098, 2104, 2105, 2106
\xintCSVtoList 2158
\xintFor 2048, 2053, 2058, 2063, 2069, 2075, 2116
\xintifEq 2109
\xintifForLast 2065, 2071, 2077
\xintifGt 2110
\xintifLt 2108
\xintLength 2083
\xintnthelt 2095

Z

\ZB 1552
\zB 1551
\zustandsnamens@liste ... 1024, 1031, 1032