lehramt-informatik

Hermine Bschlangaul *

September 8, 2021

Contents

1 Klassen **4**
1.1 Vorlage Theorie-Teil . . . 5
1.2 Vorlage Aufgabensammlung . . . 6
1.3 Vorlage Aufgabe . . . 7

2 Pakete **8**
2.1 abmessung.sty . . . 9
2.2 aufgaben-einbinden.sty . . . 10
2.3 aufgaben-metadaten.sty . . . 11
2.4 automaten.sty . . . 12
2.4.1 Endlicher Automat . . . 12
2.4.2 Kellerautomat . . . 14
2.4.3 Turingmaschine . . . 15
2.5 basis.sty . . . 18
2.6 baum.sty . . . 23
2.6.1 Binärbaum . . . 24
2.6.2 AVL-Baum . . . 25
2.6.3 B-Baum . . . 26
2.7 checkbox.sty . . . 27
2.8 chomsky-normalform.sty . . . 28
2.8.1 Makro-Kürzel . . . 28
2.8.2 TeX-Markup-Grundgerüst . . . 28
2.8.3 Konkretes TeX-Markup-Beispiel . . . 28
2.9 cpm.sty . . . 31
2.9.1 Makro-Kürzel . . . 31
2.9.2 TeX-Markup-Beispiel: Graph . . . 31
2.9.3 TeX-Markup-Beispiel: Ergebnistabelle . . . 31
2.9.4 TeX-Markup-Beispiel: Nebenrechnungstabelle „Frühester Zeitpunkt“ 31
2.9.5 TeX-Markup-Beispiel: Nebenrechnungstabelle „Spätester Zeitpunkt“ 32
2.9.6 Hilfsmakros für Zeitpunkt-Tabelle . . . 33
2.10 cyk-algorithmus.sty . . . 35
2.10.1 Makro-Kürzel . . . 35
2.10.2 TeX-Markup-Beispiel . . . 35
2.11 entwurfsmuster.sty . . . 36
2.11.1 Namensschema der Entwurfsmuster-Makros: . . . 36
2.11.2 Reihenfolge . . . 36
2.11.3 Abstrakte Fabrik (Abstract Factory) . . . 36
2.11.4 Adapter . . . 38
2.11.5 Beobachter (Observer) . . . 39
2.11.6 Dekorierer (Decorator) . . . 41
2.11.7 Einfache Fabrik (Simple Factory) . . . 42
2.11.8 Einzelstück (Singleton) . . . 43

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

2.11.9 Erbauer (Builder) . . . 44
2.11.10 Fabrikmethode (Factory Method) . . . 45
2.11.11 Kompositum (Composite) . . . 47
2.11.12 Modell-Präsentation-Steuerung (Model-View-Controller) . . . 47
2.11.13 Stellvertreter (Proxy) . . . 48
2.11.14 Zustand (State) . . . 49
2.12 er.sty . . . 51
2.12.1 Tex-Markup-Beispiel: Komplettes Diagramm . . . 51
2.12.2 Tex-Markup-Beispiel: EER Enhanced Entity-Relation-Modell nach Elmasri/Navante . . . 52
2.12.3 Makro-Kürzel . . . 52
2.13 formale-sprachen.sty . . . 54
2.14 formatierung.sty . . . 57
2.14.1 Schriftarten / Typographie . . . 57
2.14.2 Farben . . . 57
2.14.3 Überschriften . . . 57
2.14.4 Listen . . . 57
2.14.5 Kasten . . . 57
2.14.6 Header . . . 57
2.15 gantt.sty . . . 58
2.16 grafik.sty . . . 59
2.17 graph.sty . . . 60
2.18 hanoi.sty . . . 62
2.19 klassen-konfiguration-aufgabe.sty . . . 63
2.20 klassen-konfiguration-examen.sty . . . 65
2.21 komplexitaetstheorie.sty . . . 67
2.21.1 Makro-Kürzel . . . 67
2.22 kontrollflussgraph.sty . . . 69
2.22.1 Makro-Kürzel . . . 69
2.22.2 TeX-Markup-Beispiel . . . 69
2.22.3 TikZ: pin . . . 69
2.22.4 Umgebungen . . . 70
2.22.5 Makros . . . 71
2.23 kopf-fusszeilen.sty . . . 72
2.24 literatur-dummy.sty . . . 73
2.25 literatur.sty . . . 74
2.26 makros.sty . . . 75
2.27 master-theorem.sty . . . 79
2.27.1 Makro-Kürzel . . . 79
2.28 mathe.sty . . . 83
2.29 minimierung.sty . . . 84
2.30 normalformen.sty . . . 87
2.30.1 Makro-Kürzel . . . 87
2.31 o-notation.sty . . . 90
2.31.1 Makro-Kürzel . . . 90
2.31.2 TeX-Markup-Beispiel: Funktionsgraphen mit pgfplots . . . 90
2.32 petri.sty . . . 91
2.32.1 Makro-Kürzel . . . 91
2.33 potenzmengen-konstruktion.sty . . . 93
2.34 pseudo.sty . . . 95
2.35 pumping-lemma.sty . . . 96
2.36 quicksort.sty . . . 97
2.37 relationale-algebra.sty . . . 100
2.38 rmodell.sty . . . 101
2.38.1 Makro-Kürzel . . . 101
2.39 sortieren.sty . . . 102
2.40 spalten.sty . . . 104
2.41 sql.sty . . . 105

2.42 struktogramm.sty . . . 106
2.43 syntax.sty . . . 107
2.43.1 Makro-Kürzel . . . 107
2.44 syntaxbaum.sty . . . 109
2.45 synthese-algorithmus.sty . . . 110
2.45.1 Makro-Kürzel . . . 110
2.45.2 TeX-Markup Grundgerüst . . . 110
2.45.3 TeX-Markup Linksreduktion . . . 110
2.45.4 TeX-Markup Rechtreduktion . . . 110
2.45.5 TeX-Markup Relationen formen . . . 111
2.46 tabelle.sty . . . 114
2.47 typographie.sty . . . 115
2.48 uml.sty . . . 117
2.49 vollstaendige-induktion.sty . . . 119
2.49.1 Makro-Kürzel . . . 119
2.50 wasserfall.sty . . . 121
2.51 wpkalkuel.sty . . . 122
2.51.1 Makro-Kürzel . . . 122

3 Index **123**

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 abmessung.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-baum}[2021/09/04 Einstellung der
Seitenabmessung mit Hilfe des geometry-Pakets.]
\RequirePackage{geometry}
\geometry{
  a4paper,
  margin=2cm,
  includeheadfoot,
  %showframe,
  %showcrop,
  %verbose=true,
}

```

2.2 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}
}
```

2.3 aufgaben-metadaten.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-aufgaben-metadaten}[2020/07/07 Makros zum
Setzen der Aufgaben-Metadaten.]
```

```
\ExplSyntaxOn
```

`\liMetaSetze` Setze die Metadaten einer Aufgabe.

```
\def\liMetaSetze#1{
  \_setze_variablen_zurueck:

  \tl_clear:N \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl

  \keys_set:nn { aufgabenmetadaten } {
    #1
  }

  \_setze_relativen_pfad:
}
```

`\liAufgabenMetadaten` Setzen der Aufgaben-Metadaten über eine plist bzw. über key-values.

Die Schlüssel-Werte-Paare sind in der Datei basis.sty definiert. In der Typescript-Datei `.scripts/nodejs/src/aufgaben.ts` gibt es ein entsprechendes Interface `AufgabenMetadaten`.

```
\liAufgabenMetadaten{
  Titel = {Aufgabe 2},
  Thematik = {Petri-Netz},
  Stichwoerter = {Feld (Array), Implementierung in Java}
  ZitatSchluessel = sosy:pu:4,
  ZitatBeschreibung = {Seite 11},
  BearbeitungsStand = OCR,
  Korrektheit = absolut korrekt,
  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\liAufgabenMetadaten#1{
  \liMetaSetze{#1}

  \_gib_examen_titel: {}

  \section{\_gib_aufgaben_titel:}
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

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

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

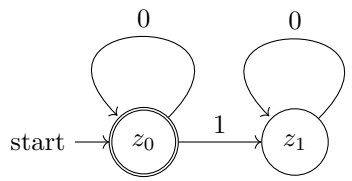
2.4 automaten.sty

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

2.4.1 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
```

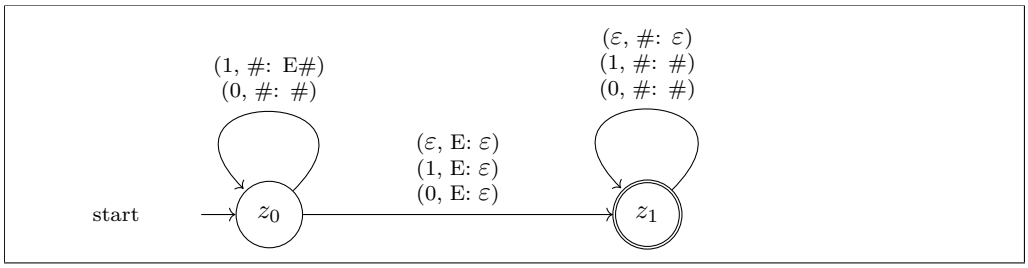
`\liAutomatenKante` **Let-Abkürzung:** `\let\k=\liAutomatenKante`

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

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

2.4.2 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
      }
    }
  }
}
```

2.4.3 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
      }
    }
  }
}
```

2.5 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,
    checkbox,
    chomsky-normalform,
    cpm,
    cyk-algorithmus,
    entwurfsmuster,
    er,
    formale-sprachen,
    gantt,
    grafik,
    graph,
    hanoi,
    kontrollflussgraph,
    komplexitaetstheorie,
    makros,
    master-theorem,
    mathe,
    minimierung,
    normalformen,
    petri,
    potenzmengen-konstruktion,
    pumping-lemma,
    pseudo,
    quicksort,
    relationale-algebra,
    rmodell,
    sortieren,
    spalten,
    struktogramm,
    sql,
    syntax,
    syntaxbaum,
    synthese-algorithmus,
    tabelle,
    typographie,
    uml,
    vollstaendige-induktion,
    wasserfall,
    wpkalkuel,
    %
    baum, % am Schluss sonst Fehler: undefined command \edge
  }
}
```

Definition einer Komma-getrennten-Liste mit deren Hilfe die vielen globalen Token-List-Variablen definiert werden können. Die einzelnen Schlüssel sind im Interface

AufgabenMetadaten in der Typescript-Datei .scripts/nodejs/src/aufgaben.ts erklärt.

```
\clist_new:N \g_auf_schluessel_clist
\clist_set:Nn \g_auf_schluessel_clist {
  titel,
  thematik,
  stichwoerter,
  zitat_schluessel,
  zitat_beschreibung,
  %
  bearbeitungs_stand,
  korrektheit,
  %
  relativer_pfad,
  identische_aufgabe,
  %
  examen_nummer,
  examen_fach,
  examen_jahr,
  examen_monat,
  examen_jahreszeit,
  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}
  }
}
```

Die einzelnen Schlüssel sind im Interface AufgabenMetadaten in der Typescript-Datei .scripts/nodejs/src/aufgaben.ts erklärt.

```
\keys_define:nn { aufgabenmetadaten }
{
  Titel .tl_gset:N = \g_auf_titel_tl,
  Thematik .tl_gset:N = \g_auf_thematik_tl,
  Stichwoerter .tl_gset:N = \g_auf_stichwoerter_tl,
  ZitatSchluessel .tl_gset:N = \g_auf_zitat_beschreibung_tl,
  ZitatBeschreibung .tl_gset:N = \g_auf_zitat_schluessel_tl,
  %
  BearbeitungsStand .tl_gset:N = \g_auf_bearbeitungs_stand_tl,
  Korrektheit .tl_gset:N = \g_auf_korrektheit_tl,
  %
  RelativerPfad .tl_gset:N = \g_auf_relativer_pfad_tl,
  IdentischeAufgabe .tl_gset:N = \g_auf_identische_aufgabe_tl,
  %
  ExamenNummer .tl_gset:N = \g_auf_examen_nummer_tl,
  ExamenFach .tl_gset:N = \g_auf_examen_fach_tl,
  ExamenJahr .tl_gset:N = \g_auf_examen_jahr_tl,
  ExamenMonat .tl_gset:N = \g_auf_examen_monat_tl,
  ExamenJahreszeit .tl_gset:N = \g_auf_examen_jahreszeit_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_set:Nn \_trenner: {
  \, / \,
}
\cs_gset:Npn \_gib_jahreszeit_durch_monat: #1 {
  % \str_case funktioniert nicht mit den Tokenlist variablen.
  \tl_case:Nn { #1 }
  {
    { 3 } { Frühjahr }
    { 03 } { Frühjahr }
    { 9 } { Herbst }
    { 09 } { Herbst }
  }
}
```

Definiert auch in .scripts/nodejs/src/examen.ts funktioniert nicht

```
\cs_gset:Npn \_gib_examen_fach_durch_nummer: #1 {
  \tl_case:Nn { #1 }
  {
    { 46110 } { Grundlagen der Informatik (nicht vertieft) }
    { 46111 } { Programmentwicklung / Systemprogrammierung / Datenbanksysteme (nicht vertieft
    { 46112 } { Grundlagen der Informatik (nicht vertieft) }
    { 46113 } { Theoretische Informatik (nicht vertieft) }
    { 46114 } { Algorithmen / Datenstrukturen / Programmiermethoden (nicht vertieft) }
    { 46115 } { Theoretische Informatik / Algorithmen / Datenstrukturen (nicht vertieft) }
    { 46116 } { Softwaretechnologie / Datenbanksysteme (nicht vertieft) }
    { 46118 } { Fachdidaktik (Mittelschulen) }
    { 46119 } { Fachdidaktik (Realschulen) }
    { 46121 } { Fachdidaktik (berufliche Schulen) }
    { 66110 } { Automatentheorie, Algorithmische Sprache (vertieft) }
    { 66111 } { Betriebssysteme / Datenbanksysteme / Rechnerarchitektur (vertieft) }
    { 66112 } { Automatentheorie / Komplexität / Algorithmen (vertieft) }
    { 66113 } { Rechnerarchitektur / Datenbanken / Betriebssysteme (vertieft) }
    { 66114 } { Datenbank- und Betriebssysteme (vertieft) }
    { 66115 } { Theoretische Informatik / Algorithmen (vertieft) }
    { 66116 } { Datenbanksysteme / Softwaretechnologie (vertieft) }
    { 66118 } { Fachdidaktik (Gymnasium) }
  }
}
```

Einzelprüfungsnummer / Jahr / Jahreszeit mit Trennzeichen

```
\cs_gset:Npn \_gib_einzelpruefung_trenner: {
  Staatsexamen ~
  \g_auf_examen_nummer_tl

  \_trenner:

  \g_auf_examen_jahr_tl

  \_trenner:

  \_gib_jahreszeit_durch_monat: \g_auf_examen_monat_tl
}
```

Thema Nr.1 / Teilaufgabe Nr. 2 / Aufgabe 3

```
\cs_gset:Npn \_gib_aufgaben_pfad_trenner: {
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_thema_nr_tl {} {
    Thema ~ \g_auf_examen_thema_nr_tl \_trenner:
  }
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl {} {
    Teilaufgabe ~ \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl \_trenner:
  }
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl {} {
    Aufgabe ~ \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl
  }
}
```

```
\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: {
  \LehramtInformatikGithubDomain /
  \LehramtInformatikGithubTexRepo /
  blob /
  \LehramtInformatikGitBranch /
  \g_auf_relativer_pfad_tl
}
```

```
\cs_new:Npn \_gib_github_url_href: {
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_relativer_pfad_tl {} {
    \url{ \_gib_github_url: }
  }
}
```

```
\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 { aufgabenmetadaten } { kein-titel }
  { Der~Schlüssel~ist~zwingend~notwendig }
```

```
\def\LehramtInformatikRepository{/pfad/zum/repository}
```

```
\input /etc/lehramt-informatik.config.tex
```

biblatex not working with lualatex and babel

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

2.6 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}
```

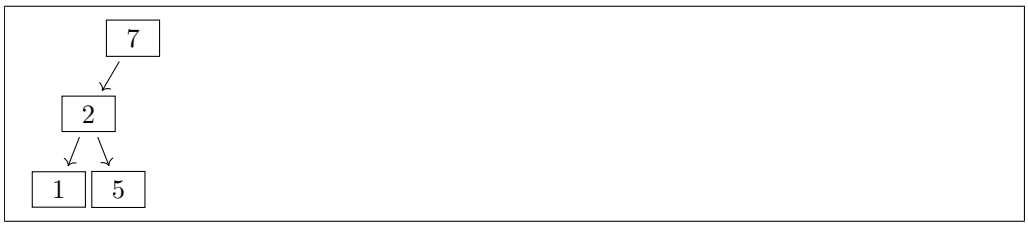
Für b baum

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

2.6.1 Binärbaum

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

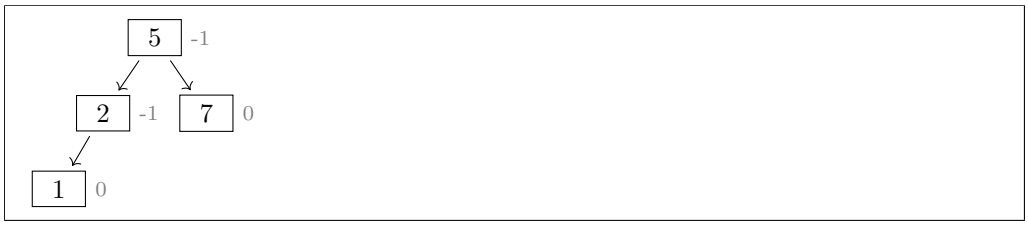
```
\begin{tikzpicture}[li binaer baum]
\Tree
[.7
  [.2
    [.1 ]
    [.5 ]
  ]
  \edge[blank]; \node[blank]{};
]
\end{tikzpicture}
```




```
\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,
    }
  },
}
```

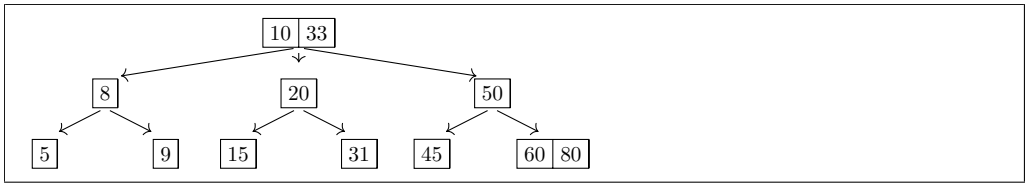
2.6.2 AVL-Baum

```
\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}
```



2.6.3 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,
    },
  }
}
```

2.7 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[$\square$]}
```

2.8 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}
```

2.8.1 Makro-Kürzel

```
\let\erklaerung=\liChomskyErklaerung
\let\schritt=\liChomskyUeberschrift
\let\schrittE=\liChomskyUeberErklaerung
```

2.8.2 TeX-Markup-Grundgerüst

```
\let\schrittE=\liChomskyUeberErklaerung
\begin{enumerate}
\item \schrittE{1}
\item \schrittE{2}
\item \schrittE{3}
\item \schrittE{4}
\end{enumerate}
```

2.8.3 Konkretes TeX-Markup-Beispiel

```
\begin{enumerate}
\item \schrittE{1}

\liNichtsZuTun

\item \schrittE{2}

\begin{liProduktionsRegeln}
S -> d S e | a | U c T | S b U,
T -> d S e | a,
U -> d S e | a | U c T,
\end{liProduktionsRegeln}

\item \schrittE{3}

\begin{liProduktionsRegeln}
S -> D S E | a | U C T | S B U,
T -> D S E | a,
U -> D S E | a | U C T,
B -> b,
C -> c,
D -> d,
E -> e,
\end{liProduktionsRegeln}

\item \schrittE{4}
% S   -> S S.1 | T2 S.2 | a | U S.3
% T   -> T2 S.2 | a
% U   -> T2 S.2 | a | U S.3
% T1  -> b
% T2  -> d
% T3  -> e
% T4  -> c
% S.1 -> T1 U
% S.2 -> S T3
% S.3 -> T4 T
```

```
\begin{liProduktionsRegeln}
S -> D S_E | a | U C_T | S B_U, % S   -> S S.1 | T2 S.2 | a | U S.3
T -> D S_E | a, % T   -> T2 S.2 | a
U -> D S_E | a | U C_T, % U   -> T2 S.2 | a | U S.3
B -> b, % T1  -> b
C -> c, % T4  -> c
D -> d, % T2  -> d
E -> e, % T3  -> e
S_E -> S E, % S.2 -> S T3
C_T -> C T, % S.3 -> T4 T
B_U -> B U, % S.1 -> T1 U
\end{liProduktionsRegeln}
\end{enumerate}
```

\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

```

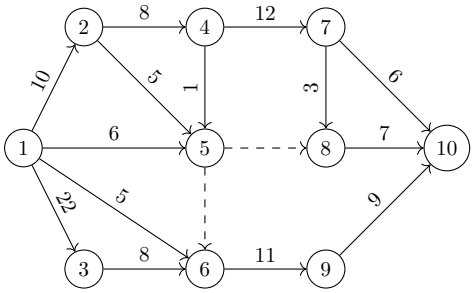
2.9 cpm.sty

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

2.9.1 Makro-Kürzel

```
\let\f=\footnotesize
\let\FZ=\liCpmFruehI
\let\SZ=\liCpmSpaetI
\let\v=\liCpmVon
\let\vz=\liCpmVonZu
\let\z=\liCpmZu
```

2.9.2 TeX-Markup-Beispiel: Graph




```
\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}
```

2.9.3 TeX-Markup-Beispiel: Ergebnistabelle

```
\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}
```

2.9.4 TeX-Markup-Beispiel: Nebenrechnungstabelle „Frühester Zeitpunkt“

```
\liCpmFruehErklaerung
\begin{tabular}{|l|l|r|}
\hline
i & Nebenrechnung            & \FZ \\\hline
1 &                          & 0   \\
2 &                          & 5   \\
3 &                          & 18  \\
```

```
4 &                          & 7   \\
5 &                          & 19  \\
6 &                          & 26  \\
7 & $\max(19_3, 22_4)$       & 22  \\
8 & $\max(30_5, 30_6, 28_7)$ & 30  \\\hline
\end{tabular}
```

2.9.5 TeX-Markup-Beispiel: Nebenrechnungstabelle „Spätester Zeitpunkt“

```
\liCpmSpaetErklaerung
% Absteigend nach i sortieren
\begin{tabular}{|l|l|r|}
\hline
$i$ & Nebenrechnung         & \SZ \\\hline
8 & siehe \FZ[8]            & 30  \\
7 &                         & 24  \\
6 &                         & 26  \\
5 &                         & 19  \\
4 &                         & 9   \\
3 & $\min(18_6, 23_7)$      & 18  \\
2 &                         & 5   \\
1 & $\min(0_2, 0_3, 2_4)$   & 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
```

2.9.6 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)`: $1_{(2\to 3)}$

```
\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)`: $1_{(\to 2)}$

```
\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)`: $1_{(\leftarrow 2)}$

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

```
\ExplSyntaxOn
```

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

```
\NewDocumentCommand{ \liCpmSpaetI } { O{i} } {
  \ifmmode
    SZ\sb{#1}
  \else
    $SZ\sb{#1}$
  \fi
}
```

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

```
\NewDocumentCommand{ \liCpmFruehI } { O{i} } {
  \ifmmode
    FZ\sb{#1}
  \else
    $FZ\sb{#1}$
```

```
  \fi
}
```

\liCpmFruehErklaerung

— Wir führen eine Vorwärtsterminierung durch und addieren die Dauern. Kann ein Ereignis über mehrere Vorgänge erreicht werden, wählen wir das Maximum aus. **Erläuterungen:** i: Ereignis i; FZ_i: Frühester Zeitpunkt, zu dem Ereignis i eintreten kann. —

```
\def\liCpmFruehErklaerung{
  \liParagraphMitLinien{
    Wir~führen~eine~Vorwärtsterminierung~durch~
    und~addieren~die~Dauern.~

    Kann~ein~Ereignis~über~mehrere~Vorgänge~erreicht~
    werden,~wählen~wir~das~Maximum~aus.~

    \textbf{Erläuterungen:}~

    $i$:~
    Ereignis~$i$;~\,

    \liCpmFruehI{}:~
    Frühester~Zeitpunkt,~zu~dem~Ereignis~$i$~eintreten~kann
    .
  }
}
```

\liCpmSpaetErklaerung

— Wir führen eine Rückwärtsterminierung durch und subtrahieren die Dauern vom letzten Ereignis aus. Kann ein Ereignis über mehrere Vorgänge erreicht werden, wählen wir das Minimum aus. **Erläuterungen:** i: Ereignis i; SZ_i: Spätester Zeitpunkt, zu dem Ereignis i eintreten kann. —

```
\def\liCpmSpaetErklaerung{
  \liParagraphMitLinien{
    Wir~führen~eine~Rückwärtsterminierung~durch~
    und~subtrahieren~die~Dauern~vom~letzten~Ereignis~aus.~

    Kann~ein~Ereignis~über~mehrere~Vorgänge~erreicht~
    werden,~wählen~wir~das~Minimum~aus.~

    \textbf{Erläuterungen:}~

    $i$:~
    Ereignis~$i$;~\,

    \liCpmSpaetI{}:~
    Spätester~Zeitpunkt,~zu~dem~Ereignis~$i$~eintreten~kann
    .
  }
}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

2.10 cyk-algorithmus.sty

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

2.10.1 Makro-Kürzel

```
\let\l=\liKurzeTabellenLinie
```

2.10.2 TeX-Markup-Beispiel

```
\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}
\liWortInSprache{acbcab}
```

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

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

`\liWortInSprache` `\liWortInSprache{abc}`: $\Rightarrow abc \in L(G)$

`\liWortInSprache{abc}[L(Z)]`: $\Rightarrow abc \in L(Z)$

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

`\liWortNichtInSprache` `\liWortNichtInSprache{abc}`: $\Rightarrow abc \notin L(G)$

`\liWortNichtInSprache{abc}[L(Z)]`: $\Rightarrow abc \notin L(Z)$

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

2.11 entwurfsmuster.sty

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

2.11.1 Namensschema der Entwurfsmuster-Makros:

Präfix: `\liEntwurfs` + Name des Entwurfsmuster `DeutscherName` + Suffix: (`Uml`, `Akteure`, `Code`, `ohne`)

2.11.2 Reihenfolge

1. `Beschreibung` Kurze Beschreibung des Entwurfsmusters, z. B `\liEntwurfsEinzelstueckBeschrei`
2. `Uml`: Uml-Klassendiagramm, z. B `\liEntwurfsEinzelstueckUml`
3. `Akteure`: Akteure, beteiligte Klassen, z. B `\liEntwurfsEinzelstueckAkteure`
4. `Code`: Allgemeines Code-Beispiel, z. B `\liEntwurfsEinzelstueckCode`
5. `ohne`: Ohne Suffix, Bündelung der einzelnen Makros eines Entwurfsmusters `\liEntwurfsEinzelstueckAkteure`

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

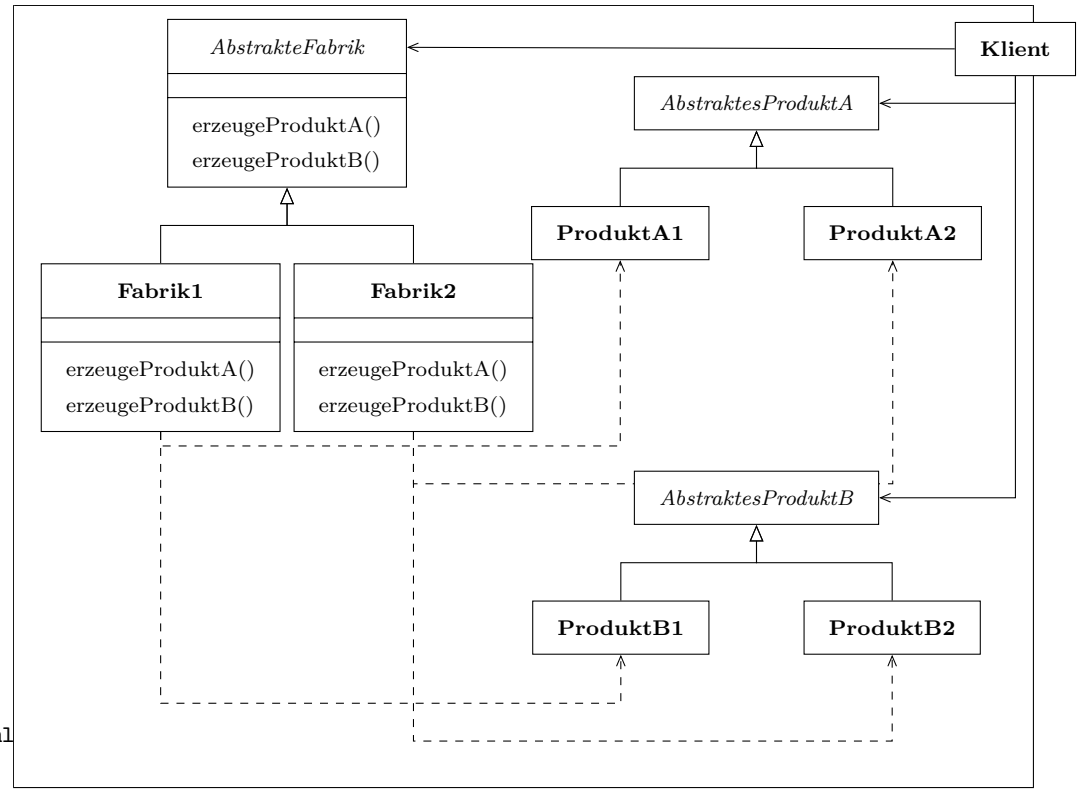
`\li@EntwurfsCodeAllgemein` Allgemeine Code-Beispiele zu den UML-Diagrammen und Stellvertretern

```
\RequirePackage{lehramt-informatik-syntax}
\def\li@EntwurfsCode#1#2{
  \liJavaDatei{entwurfsmuster/#1/allgemein/#2}
}
```

2.11.3 Abstrakte Fabrik (Abstract Factory)

`sAbstrakteFabrikBeschreibung`

```
\def\liEntwurfsAbstrakteFabrikBeschreibung{
  Es wird eine Schnittstelle bereitgestellt, um \emph{Familien
  verbundener oder abhängiger Objekte} zu erstellen, ohne die konkreten
  Klassen zu spezifizieren.\footcite[Seite 25]{eilebrecht}
}
```



\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}
}
```

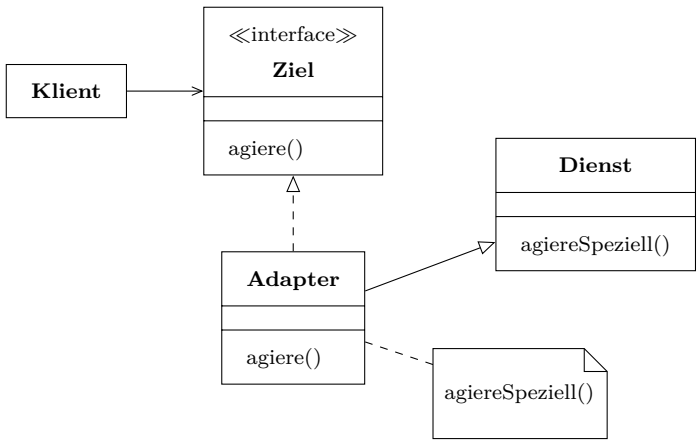
iEntwurfsAbstrakteFabrikCode

```
\def\liEntwurfsAbstrakteFabrikCode{
  \li@EntwurfsCode{abstrakte_fabrik}{Produkte}
  \li@EntwurfsCode{abstrakte_fabrik}{AbstrakteFabrik}
  \li@EntwurfsCode{abstrakte_fabrik}{Klient}
}
```

\liEntwurfsAbstrakteFabrik

```
\def\liEntwurfsAbstrakteFabrik{
  \liEntwurfsAbstrakteFabrikBeschreibung

  \liEntwurfsAbstrakteFabrikUml

  \liEntwurfsAbstrakteFabrikCode
}
```

2.11.4 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}
}
```

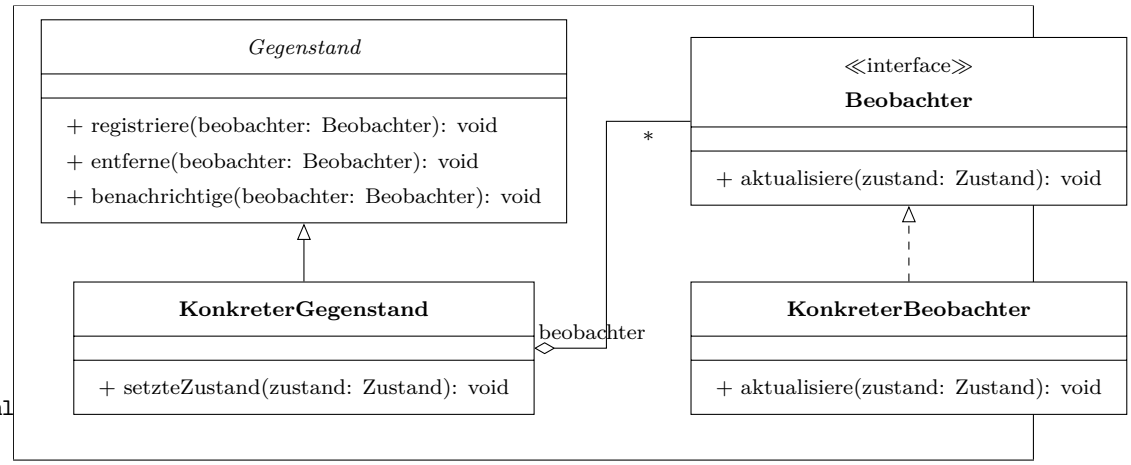
\liEntwurfsAdapterCode

```
\def\liEntwurfsAdapterCode{
  \li@EntwurfsCode{adapter}{Dienst}
  \li@EntwurfsCode{adapter}{Ziel}
  \li@EntwurfsCode{adapter}{Adapter}
  \li@EntwurfsCode{adapter}{Klient}
}
```

\liEntwurfsAdapter

```
\def\liEntwurfsAdapter{
  \liEntwurfsAdapterUml
  \liEntwurfsAdapterAkteure
  \liEntwurfsAdapterCode
}
```

2.11.5 Beobachter (Observer)



\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}
}
```

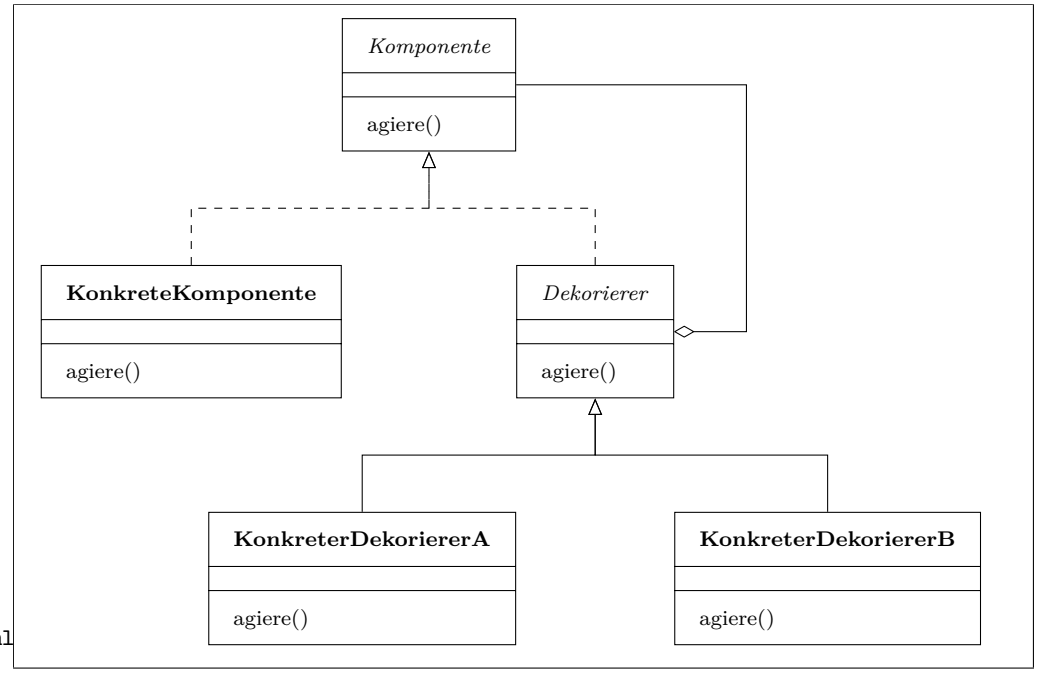
\liEntwurfsBeobachterCode

```
\def\liEntwurfsBeobachterCode{
  \li@EntwurfsCode{beobachter}{Gegenstand}
  \li@EntwurfsCode{beobachter}{KonkreterGegenstand}
  \li@EntwurfsCode{beobachter}{Beobachter}
  \li@EntwurfsCode{beobachter}{KonkreterBeobachterA}
  \li@EntwurfsCode{beobachter}{KonkreterBeobachterB}
  \li@EntwurfsCode{beobachter}{Klient}
}
```

\liEntwurfsBeobachter

```
\def\liEntwurfsBeobachter{
  \liEntwurfsBeobachterUml
  \liEntwurfsBeobachterAkteure
  \liEntwurfsBeobachterCode
}
```

2.11.6 Dekorierer (Decorator)



\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}
}
```

\liEntwurfsDekoriererCode

```
\def\liEntwurfsDekoriererCode{
  \li@EntwurfsCode{dekorierer}{Komponente}
  \li@EntwurfsCode{dekorierer}{KonkreteKomponente}
  \li@EntwurfsCode{dekorierer}{Dekorierer}
  \li@EntwurfsCode{dekorierer}{KonkreterDekoriererA}
  \li@EntwurfsCode{dekorierer}{KonkreterDekoriererB}
  \li@EntwurfsCode{dekorierer}{Klient}
}
```

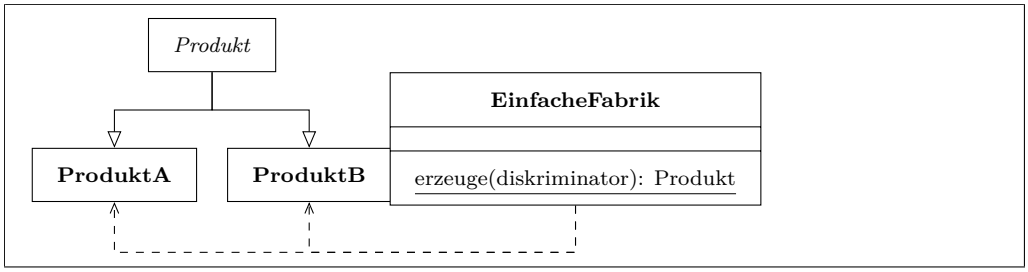
\liEntwurfsDekorierer

```
\def\liEntwurfsDekorierer{
  \liEntwurfsDekoriererUml
  \liEntwurfsDekoriererAkteure
  \liEntwurfsDekoriererCode
}
```

2.11.7 Einfache Fabrik (Simple Factory)

\liEntwurfsEinfacheFabrikUml

Quelle: https://refactoring.guru/design-patterns/factory-comparison




```
\def\liEntwurfsEinfacheFabrikUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlsimpleclass[type=abstract]{Produkt}
    \umlsimpleclass[below left=1cm and -0.65cm of Produkt]{ProduktA}
    \umlsimpleclass[below right=1cm and -0.65cm of Produkt]{ProduktB}
    \umlVHVinherit{Produkt}{ProduktA}
    \umlVHVinherit{Produkt}{ProduktB}
    \umlclass[below right=0cm and 1.5cm of Produkt]{EinfacheFabrik}{
    }{
      \umlstatic{erzeuge(diskriminator): Produkt}\\
    }
    \umlVHVdep[arm1=-1.5cm]{EinfacheFabrik}{ProduktA}
    \umlVHVdep[arm1=-1.5cm]{EinfacheFabrik}{ProduktB}
  \end{tikzpicture}
}
```

ntwurfsEinfacheFabrikAkteure

Quelle: frei überstetzt aus GoF

EinfacheFabrik Eine Klasse mit einer Erzeugunsmethode, die über eine größere Bedingung verschiedene Objekt instanziert.

Produkt Eine abstrakte Klasse, die von den konkreten Produkten geerbt wird.

KonkretesProdukt Ein konkretes Produkt, das von der einfachen Fabrik erzeugt wird.

```
\def\liEntwurfsEinfacheFabrikAkteure{
  \begin{description}
    \item[EinfacheFabrik]

    Eine Klasse mit einer Erzeugunsmethode, die über eine größere
    Bedingung verschiedene Objekt instanziert.

    \item[Produkt]

    Eine abstrakte Klasse, die von den konkreten Produkten geerbt wird.

    \item[KonkretesProdukt]

    Ein konkretes Produkt, das von der einfachen Fabrik erzeugt wird.
  \end{description}
}
```

\liEntwurfsEinfacheFabrik

```
\def\liEntwurfsEinfacheFabrik{
  \liEntwurfsEinfacheFabrikUml
  \liEntwurfsEinfacheFabrikAkteure
}
```

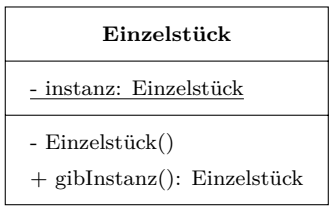
2.11.8 Einzelstück (Singleton)

urfsEinzelstueckBeschreibung

```
\def\liEntwurfsEinzelstueckBeschreibung{
  Stellt sicher, dass nur \emph{genau eine Instanz einer Klasse} erzeugt
  wird.\footcite[Seite 38]{eilebrecht}
}
```

\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}
}
```

\liEntwurfsEinzelstueckCode

```
\def\liEntwurfsEinzelstueckCode{
  \li@EntwurfsCode{einzelstueck}{Einzelstueck}
}
```

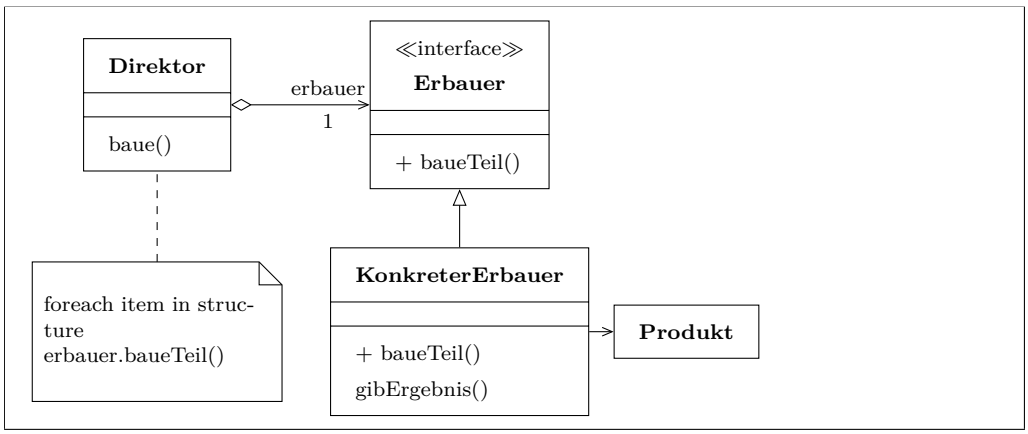
\liEntwurfsEinzelstueck

```
\def\liEntwurfsEinzelstueck{
  \liEntwurfsEinzelstueckBeschreibung

  \liEntwurfsEinzelstueckUml

  \liEntwurfsEinzelstueckAkteure

  \liEntwurfsEinzelstueckCode
}
```

2.11.9 Erbauer (Builder)

\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}
}
```

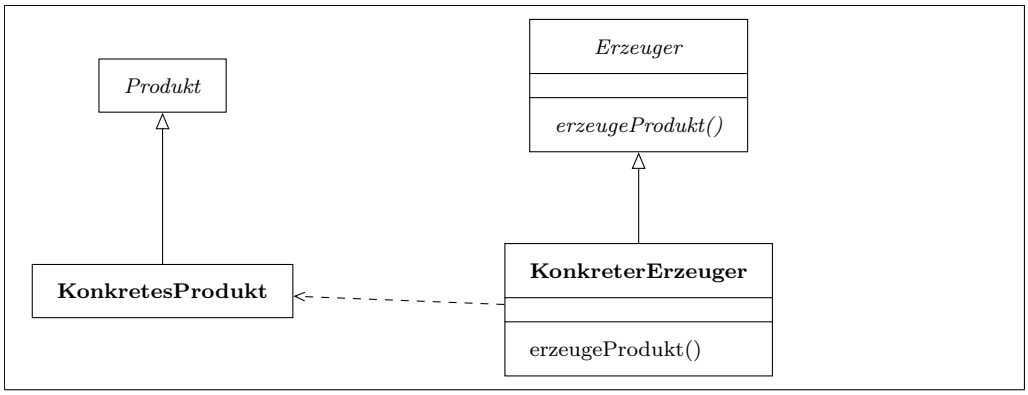
\liEntwurfsErbauer

```
\def\liEntwurfsErbauer{
  \liEntwurfsErbauerUml
  \liEntwurfsErbauerAkteure
}
```

2.11.10 Fabrikmethode (Factory Method)

\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).

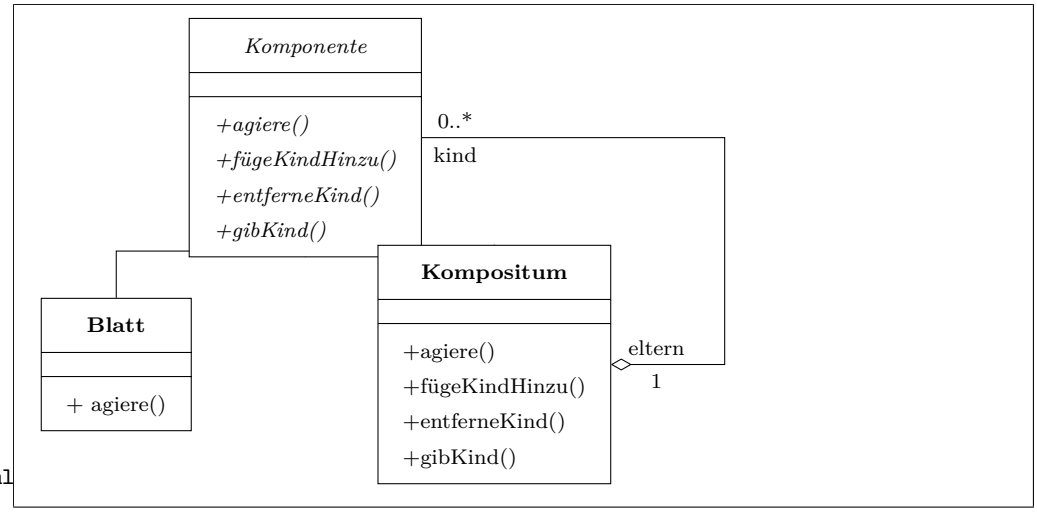
```
\def\liEntwurfsFabrikmethodeAkteure{
  \begin{description}
    \item[Produkt]

    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}
}
```

\liEntwurfsFabrikmethode

```
\def\liEntwurfsFabrikmethode{
  \liEntwurfsFabrikmethodeUml
  \liEntwurfsFabrikmethodeAkteure
}
```

2.11.11 Kompositum (Composite)



\liEntwurfsKompositumUml

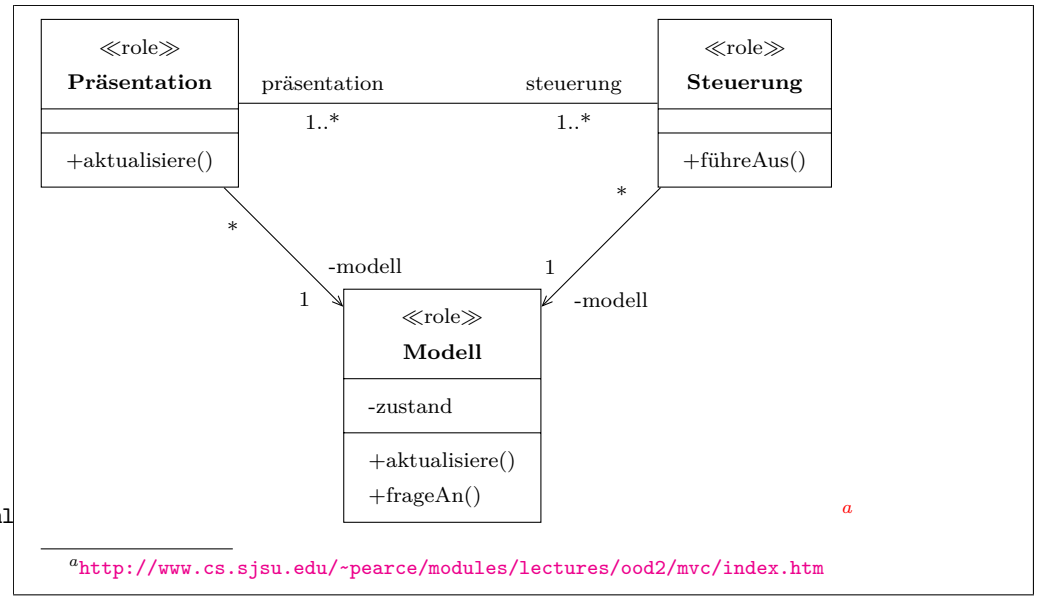
```
\def\liEntwurfsKompositumUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlclass[x=2.5,y=3,type=abstract]{Komponente}{}{
      \textit{+agiere()}\\
      \textit{+fügeKindHinzu()}\\
      \textit{+entferneKind()}\\
      \textit{+gibKind()}
    }
    \umlclass[x=0]{Blatt}{}{+ agiere()}
    \umlclass[x=5]{Kompositum}{}{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

\liEntwurfsFabrikmethode

```
\def\liEntwurfsKompositum{
  \liEntwurfsKompositumUml
  \liEntwurfsKompositumAkteure
}
```

2.11.12 Modell-Präsentation-Steuerung (Model-View-Controller)

odellPraesentationSteuerungUml




```
\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}
}
```

ModellPraesentationSteuerung

```
\def\liEntwurfs{
  \liEntwurfsModellPraesentationSteuerungUml
  \liEntwurfsModellPraesentationSteuerungAkteure
}
```

2.11.13 Stellvertreter (Proxy)

\liEntwurfsStellvertreterUml

```
\def\liEntwurfsStellvertreterUml{
  \begin{tikzpicture}
    \umlsimpleclass[x=-1,y=2]{Klient}

    \umlclass[x=2,y=2]{Subjekt}{}{+ agiere()}
    \umlclass[x=0,y=-1]{KonkretesSubjekt}{}{+ agiere()}
    \umlclass[x=4,y=-1]{Stellvertreter}{}{+ agiere()}

    \umlVHVinherit{KonkretesSubjekt}{Subjekt}
    \umlVHVinherit{Stellvertreter}{Subjekt}
    \umluniassoc{Stellvertreter}{KonkretesSubjekt}
    \umluniassoc{Klient}{Subjekt}
  \end{tikzpicture}
}
```

liEntwurfsStellvertreterCode

```
\def\liEntwurfsStellvertreterCode{
  \li@EntwurfsCode{stellvertreter}{Subjekt}
  \li@EntwurfsCode{stellvertreter}{KonkretesSubjekt}
  \li@EntwurfsCode{stellvertreter}{Stellvertreter}
  \li@EntwurfsCode{stellvertreter}{Klient}
}
```

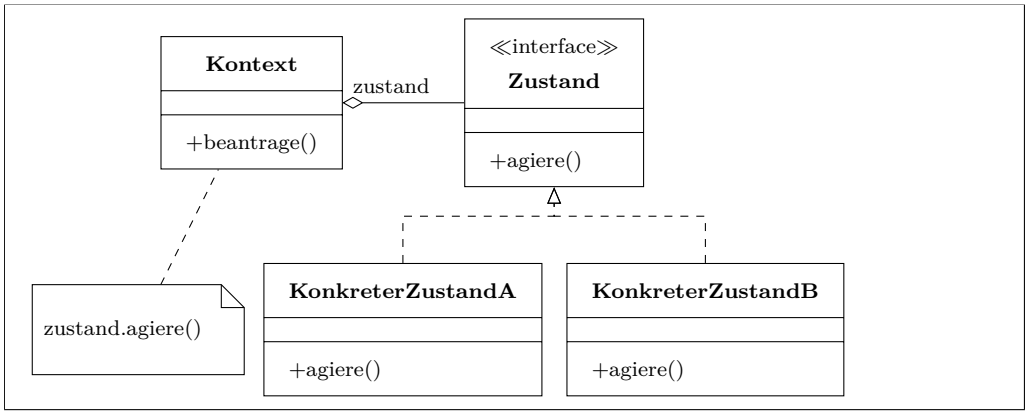
\liEntwurfsStellvertreter

```
\def\liEntwurfsStellvertreter{
  \liEntwurfsStellvertreterUml
  \liEntwurfsStellvertreterCode
}
```

2.11.14 Zustand (State)

\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)]

    definiert die clientseitige Schnittstelle und verwaltet die separaten
```

```
    Zustandsklassen.

    \item[State (Zustand)]

    definiert eine einheitliche Schnittstelle aller Zustandsobjekte und
    implementiert gegebenenfalls ein Standardverhalten.

    \item[KontreterZustand (ConcreteState)]

    implementiert das Verhalten, das mit dem Zustand des Kontextobjektes
    verbunden ist.
  \end{description}
}
```

\liEntwurfsZustandCode

```
\def\liEntwurfsZustandCode{
  \li@EntwurfsCode{zustand}{Kontext}
  \li@EntwurfsCode{zustand}{Zustand}
}
```

\liEntwurfsZustand

```
\def\liEntwurfsZustand{
  \liEntwurfsZustandUml
  \liEntwurfsZustandAkteure
  \liEntwurfsZustandCode
}
```

2.12 er.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-er}[2020/06/13 Zum Setzen von
ER-Diagrammen]
\RequirePackage{tikz-er2}
\usetikzlibrary{positioning}
```

2.12.1 Tex-Markup-Beispiel: Komplettes Diagramm

```
\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}
```

2.12.2 Tex-Markup-Beispiel: EER Enhanced Entity-Relation-Modell nach Elmasri/Navante

```
\node[below=1cm of Forscher,circle,draw] (union) {u}
  edge (Sekretär) edge (Forscher) edge (Techniker);

\node[below=1cm of union,entity] (AktiveMitarbeiter) {Aktive Mitarbeiter}
  edge node {$\bigcup$} (union);
```

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

2.12.3 Makro-Kürzel

```
\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
```

2.13 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}
```

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

`\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}`: $\Gamma = \Sigma \cup \{\square\}$

```
\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 }
{
  \liGeschweifteKlammern{#1}
  {
    \begin{align*}
    \directlua{formale_sprachen.produktions_regeln('#2')}
    \end{align*}
  }{-0.2cm}{-1.5cm}
} {}
```

\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}`: $L_2 = \{ a_1, a_2, \dots, a_n \mid n \in N \}$
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
```

2.14 formatierung.sty

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

2.14.1 Schriftarten / Typographie

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

2.14.2 Farben

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

2.14.3 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}
```

2.14.4 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})}
```

2.14.5 Kasten

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

liKasten

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

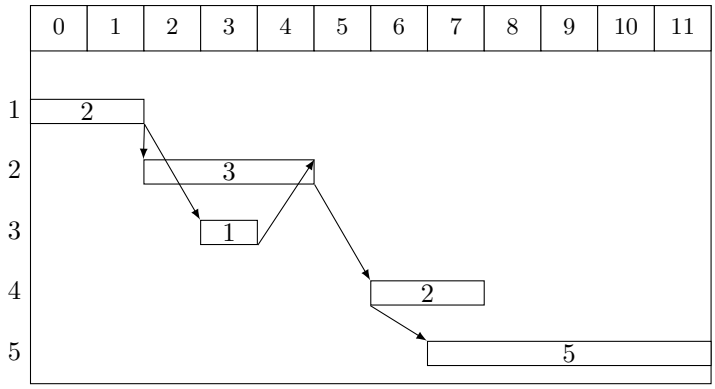
2.14.6 Header

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

2.15 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}{}
```

2.16 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}

```

2.17 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 } {} {}
```

2.18 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}
}
```

2.19 klassen-konfiguration-aufgabe.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-klassen-konfiguration-aufgabe}[2021/09/01 Die
Klasse Aufgabe konfigurieren, d. h. Laden von einigen Paketen, Registierung von Hooks]
```

Formatierung muss vor literatur sein, sonst Option clash

```
\liLadePakete{
  formatierung,
  abmessung,
  literatur-dummy,
  makros,
  aufgaben-metadaten,
  kopf-fusszeilen,
  mathe
}

% Komischer Option-Clash deshalb ganz am Ende, für die Silbentrennung
\RequirePackage[ngerman]{babel}
\ExplSyntaxOn
\cs_gset:Npn \stichwoerter_formatiert: {
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_stichwoerter_tl {} {
    \textbf{Stichwörter:} ~
    \g_auf_stichwoerter_tl
    \par
  }
}
\cs_gset:Npn \horizontale_linie: {
  \par
  \noindent
  \rule{\textwidth}{0.8pt}
  \par
}
\cs_gset:Npn \thematik_formatiert: {
  \tl_if_empty:NTF \g_auf_thematik_tl {} {
    \textit{
      ( \g_auf_thematik_tl )
    }
  }
}
```

\liAufgabenMetadaten

```
\def\liAufgabenMetadaten#1{
  \liMetaSetze{#1}

  \noindent
  {\large \_gib_einzelpruefung_trenner: \par}

  \medskip

  \noindent
  {\bfseries\Large\_gib_aufgaben_pfad_trenner:}
  \hfill \thematik_formatiert:
  \par

  \medskip

  \noindent
  {\footnotesize\stichwoerter_formatiert:}

  \horizontale_linie:

  \bigskip
```

```

  \par
  % Keine Einrückung
  \@afterindentfalse
  \@afterheading
}

\AddToHook{enddocument}{
  \vfill
  {
    \tiny
    \noindent
    Hilf~mit!~
    Das~ist~ein~Community-Projekt.~
    Verbesserungsvorschläge,~Fehlerkorrekturen,~weitere~Lösungen~sind~
    sehr~willkommen~--~egal~wie~--~per~Pull-Request~oder~per~E-Mail~an~
    \href{mailto:hermine.bschlangaul@gmx.net}{hermine.bschlangaul@gmx.net}~

    \par\noindent
    Der~\TeX-Quelltext~dieses~PDFs~kann~unter~folgender~URL~aufgerufen~werden:~

    \par\noindent\hfill
    \_gib_github_url_href:}
}

\ExplSyntaxOff

```

2.20 klassen-konfiguration-examen.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-klassen-konfiguration-examen}[2021/09/04 Die
Klasse liSetzeExamen konfigurieren, d. h. Laden von einigen Paketen, Registierung von Hooks]
```

Lade die wichtigsten Pakete. Formatierung muss vor literatur sein, sonst Option clash

```
\liLadePakete{
  formatierung,
  literatur-dummy,
  makros,
  aufgaben-metadaten,
  abmessung,
  typographie
}
```

Formatierung für die Überschriften setzen.

```
\RequirePackage{titlesec}
\titleformat{\section}{\sffamily\huge\filcenter\bfseries}{\thesection}{1em}{}
\newcommand{\sectionbreak}{\clearpage}
\setcounter{secnumdepth}{0}
```

```
\liLadeAllePakete
```

Komischer Option-Clash deshalb ganz am Ende, für die Silbentrennung

```
\RequirePackage[ngerman]{babel}
```

```
\RequirePackage{standalone}
```

```
\ExplSyntaxOn
```

`\liSetzeExamenThemaNr`

```
\def\liSetzeExamenThemaNr#1{
  \tl_gset:Nn \g_auf_examen_thema_nr_tl { #1 }
  \section{Thema~Nr.~#1}
}
```

`\liSetzeExamenTeilaufgabeNr`

```
\def\liSetzeExamenTeilaufgabeNr#1{
  \tl_gset:Nn \g_auf_examen_teilaufgabe_nr_tl { #1 }
  \subsection{Teilaufgabe~Nr.~#1}
}
```

`\liBindeAufgabeEin`

```
\def\liBindeAufgabeEin#1{
  \tl_gset:Nn \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl { #1 }
  \input{
    \LehramtInformatikRepository /
    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_teilaufgabe_nr_tl /
    }
    Aufgabe - \g_auf_examen_aufgabe_nr_tl .tex
  }
}
```

`\liAufgabenMetadaten` Das Metadaten-Makro überschreiben

```
\def\liAufgabenMetadaten#1{
  \liMetaSetze{#1}
  \subsubsection{\_gib_aufgaben_titel:}
}
```

```
\setcounter{tocdepth}{4}
\RequirePackage[titles]{tocloft}
\AddToHook{begindocument}{
  \pagestyle{empty}
  \begin{center}
  \large
  Erste~Staatsprüfung~für~ein~Lehramt~an~öffentlichen~Schulen \par

  \vspace{0.5cm}

  Fach~Informatik \par

  \vfill

  {
    \sffamily\bfseries\Huge

    \g_auf_examen_jahreszeit_tl \par

    \g_auf_examen_jahr_tl \par
  }

  \vspace{2cm}

  {\LARGE \g_auf_examen_nummer_tl \par}

  \vspace{0.5cm}

  \g_auf_examen_fach_tl \par

  \vspace{3cm}

  Aufgabenstellungen~mit~Lösungsvorschlägen \par

  \end{center}

  % für den Abstand vor den section im Inhaltsverzeichnis
  % https://tex.stackexchange.com/questions/241445/how-to-control-spacing-in-toc-for-different-sections
  \setlength{\cftbeforesecskip}{1.5cm}
  \setlength{\cftbeforesubsecskip}{0.5cm}
  \renewcommand{\cftsubsecafterpnum}{\vspace{\cftbeforesubsecskip}}
  \setlength{\cftbeforesubsubsecskip}{0.1cm}

  \vfill
  \renewcommand{\contentsname}{Aufgabenübersicht}
  \tableofcontents
  \clearpage
}
\ExplSyntaxOff
```

2.21 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.]
```

2.21.1 Makro-Kürzel

```
\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}
}

```

2.22 kontrollflussgraph.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-kontrollflussgraph}[2020/11/07]
```

2.22.1 Makro-Kürzel

```
\let\b=\liBedingung
\let\c=\liKontrollCode
\let\f=\liBedingungFalsch
\let\k=\liKontrollTextzeileKnoten
\let\p=\liKontrollKnotenPfad
\let\w=\liBedingungWahr
```

2.22.2 TeX-Markup-Beispiel

```
\begin{liKontrollflussgraph}[xscale=1,yscale=-1.6]
\node[knoten] at (0,0) (S) {S};

\node[pin=\c{boolean resultat = false;}] at (0,1) (2) {2};
\node[pin=\c{if (wort != null)}] at (0,2) (3) {3};
\node[pin=\c{int laenge = wort.length;}] at (1,3) (4) {4};
\node[pin=\c{if (laenge >= 2)}] at (1,4) (5) {5};
\node[pin=\c{resultat = true; int i = 0;}] at (2,5) (6) {6};
\node[pin=\c{for (i < laenge / 2;)}] at (2,6) (7) {7};
\node[pin=\c{char c1; char c2 …}] at (3,7) (8) {8};
\node[pin=\c{if (Char…) }] at (2,8) (10) {10};
\node[pin=\c{resultat = false; break;}] at (2,9) (12) {12};
\node[pin=\c{if (laenge == 1)}] at (1,10) (17) {17};
\node[pin=\c{resultat = true;}] at (1,11) (18) {18};
\node[pin=180:\c{return resultat;}] at (-1,9) (22) {22};
\node[knoten] at (-1,10) (E) {E};

\path (S) -- (2);
\path (2) -- (3);
\path[wahr] (3) -- (4) \b{right}{wort != null};
\path[falsch] (3) -- (22)  \b{left}{wort == null};
\path (4) -- (5);
\path[wahr] (5) -- (6) \b{right}{laenge >= 2};
\path[falsch] (5) -- (17) \b{left,rotate=70,pos=0.2}{laenge < 2};
\path (6) -- (7);
\path[wahr] (7) -- (8) \b{right}{i < laenge / 2};
\path[falsch] (7) -- (22) \b{left}{i >= laenge / 2};
\path (8) -- (10);
\path[wahr] (10) -- (12) \b{right}{c != c};
\path[falsch] (10) -- (7) \b{left,rotate=70,pos=0.8}{c == c};
\path (12) -- (22);
\path[wahr] (17) -- (18) \b{right}{laenge == 1};
\path[falsch] (17) -- (22) \b{right,rotate=-20,pos=0.99}{laenge != 1};
\path (18) -- (22);
\path (22) -- (E);
\end{liKontrollflussgraph}
```

2.22.3 TikZ: pin

Die Knoten erhalten sogenannte Pins, in denen Code-Ausschnitte der entsprechenden Anweisung zu sehen ist.

`pin={[options]angle:text}`

```
\node[pin=\c{resultat = true;}] at (1,11) {18};
\node[pin=180:\c{return resultat;}] at (-1,9) {22};
\node[pin={[pin distance=3cm]\c{resultat = ...}}]
```

```
\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=-,
    }
  }
}
```

2.22.4 Umgebungen

liKontrollflussgraph

```
\NewDocumentEnvironment { liKontrollflussgraph } { O{} } {
```

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

2.22.5 Makros

\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\w=\liBedingungWahr

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

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

2.23 kopf-fusszeilen.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-kopf-fusszeilen}[2021/08/20 Kopf-
und Fußzeilen mit Hilfe des Pakets fancyhdr.]
```

```
\ExplSyntaxOn
```

```
\fancyhead{}
\fancyhead[RO,LE]{{\scriptsize\LehramtInformatikTitel}}
\fancyhead[LO,RE]{{\scriptsize\today}}
\fancyfoot{}
\fancyfoot[LE,RO]{\thepage}
\fancyfoot[LO,CE]{{\scriptsize\LehramtInformatikAutorName}}
\fancyfoot[CO,RE]{{\scriptsize\LehramtInformatikAutorEmail}}
\renewcommand{\headrulewidth}{0.4pt}
\renewcommand{\footrulewidth}{0.4pt}
\setlength{\headwidth}{\textwidth}
```

```
\ExplSyntaxOff
```

2.24 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 }{}

```

2.25 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]}
```

2.26 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}
```

```
\ExplSyntaxOn
```

`\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

  \par
  \noindent
  \textsf{\textbf{#1}}

  \medskip

  \par
  % Keine Einrückung
  \@afterindentfalse
  \@afterheading
}
```

`\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.

```
\NewDocumentEnvironment{ liAntwort } { O{standard} }
{
  \str_case:nn {#1} {
    {standard} {
      \def\beschriftung{}
      \mdfsetup{backgroundcolor=gray!1,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}
  %
  \par
  \@afterindentfalse
  \@afterheading
} {}
```

`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}
} {}
```

\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. }
```

```
\ExplSyntaxOff

```

2.27 master-theorem.sty

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

2.27.1 Makro-Kürzel

```
\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 rekursiven Aufrufe, Anzahl der Unterprobleme in der
  Rekursion
  ($a \geq 1$).

  \item[$\textstyle{\frac{1}{b}} =$]
  Teil des Originalproblems, welches wiederum durch alle Unterprobleme
  repräsentiert wird, Anteil an der Verkleinerung des Problems ($b > 1$).

  \item[$f(n) =$]
  Kosten (Aufwand, Nebenkosten), die durch die Division des Problems und
  die Kombination der Teillösungen entstehen. Eine von $T(n)$
  unabhängige und nicht negative Funktion.
  \end{itemize}
  \footcite{wiki:master-theorem}
  \footcite[Seite 19-35]{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}
}
```

2.28 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}{`'}

```

2.29 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
```

2.30 normalformen.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-normalformen}[2020/12/10
Hilfsmakros zum Setzen von Normalformen, Funktionalen Abhänigkeiten,
Attributhülle]
```

Mathe für textit tex etc, typographie für geschweifte Klammer

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

```
\directlua{
  helfer = require('lehramt-informatik-helfer')
  normalformen = require('lehramt-informatik-normalformen')
}
```

2.30.1 Makro-Kürzel

```
\let\ah=\liAttributHuelle
\let\ahL=\liLinksReduktion
\let\ahl=\liLinksReduktionInline
\let\ahr=\liRechtsReduktionInline
\let\fa=\liFunktionaleAbhaengigkeit
\let\FA=\liFunktionaleAbhaengigkeiten
\let\m=\liAttributMenge
\let\r=\liRelation
\let\u=\underline
```

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

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

`\ah{F, \m{A, B}}` AttrHülle$(F, \{A, B\})$ 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
} { }
```

`\liLinksReduktion` Nur innerhalb von `liAHuelle` zu verwenden bzw. `multline`

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

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

```
\def\liLinksReduktion#1#2#3{
  \shoveleft{
    \liAttributHuelleOhneMathe{FA,
    \liAttributMenge{#1 \string\ #2}} =
    } \\
```

```
  \shoveright{
    \liAttributMenge{#3}
  } \\
}
```

\liLinksReduktionInline

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

`\ahl{ursprüngliche linke Attributmenge}{ohne dieses Attribut}{Ergebnis}`
`\ahl{A, E}{E}{A, E, F, B, \textbf{D}}`: AttrHülle$(F, \{A,\ E \mid E\}) = \{A,\ E,\ F,\ B,\ \boldsymbol{D}\}$

```
\def\liLinksReduktionInline#1#2#3{%
  {%
    \footnotesize%
    $\liAttributHuelleOhneMathe{F,
    \liAttributMenge{#1 \string\ #2}} =
    \liAttributMenge{#3}$
  }
}
```

\liLinksReduktionInline

Let-Abkürzung: `\let\ahr=\liLinksReduktionInline`

`\ahr{gelöschte FA}{neue FA ohne rechts Attribut}{gegebene Attribute}{Ergebnis}`

```
\def\liRechtsReduktionInline#1#2#3#4{%
  {%
    \footnotesize%
    $\liAttributHuelleOhneMathe{
      F \setminus
      \liFunktionaleAbhaengigkeit{#1}
      \def\tmp{#2}\ifx\tmp\empty
      \else
        \cup \liFunktionaleAbhaengigkeit{#2}
      \fi
      ,
      \liAttributMenge{#3}
    } =
    \liAttributMenge{#4}$
  }
}
```

\liFunktionaleAbhaengigkeit

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

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

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

liFunktionaleAbhaengigkeiten

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

$$\mathrm{F} = \left\{ \begin{array}{l} \{\,M\} \rightarrow \{\,M\}, \\ \{\,M\} \rightarrow \{\,N\}, \\ \{\,V\} \rightarrow \{\,T,\ P,\ PN\}, \\ \{\,P\} \rightarrow \{\,PN\}, \end{array} \right\}$$

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

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

```
\NewDocumentCommand {\liFunktionaleAbhaengigkeiten} { O{FA} m } {
  \liGeschweifteKlammern
  {#1}
  {
    \begin{align*}
    \directlua{normalformen.drucke_funk_abhaengigkeiten('#2')}
    \end{align*}
  }
  {-0.5cm}
  {-1.7cm}
}
```

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

`\r[R3]{\u{A}, B, C}`: $R_3(\underline{A},\ B,\ C)$ 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\,})
}
```

2.31 o-notation.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-o-notation}[2021/09/08]
```

2.31.1 Makro-Kürzel

```
\let\O=\liONotationO
```

2.31.2 TeX-Markup-Beispiel: Funktionsgraphen mit pgfplots

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}[
    xlabel=$n$,
    legend entries={\f a, \f b, \f c, \f d, \f e},
    ymax=500,
    xmin=0,
    xmax=7,
    legend pos=north west,
    domain=0:7
  ]
  \addplot{sqrt(x^5) + (4 * x) - 5};
  \addplot{log2(log2(x))};
  \addplot{2^x};
  \addplot{x^2 * log10(x) + (2 * x)};
  \addplot{4^x / (log2(x))};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

```
\ExplSyntaxOn
\RequirePackage{amssymb}
\RequirePackage{pgfplots}
```

Für echte Teilmenge \subsetneq: $\subsetneq$

```
\RequirePackage{amssymb}
```

\liRundeKlammer

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

\liONotationO \O{n^2}: $\mathcal{O}\left(n^2\right)$

```
\cs_new:Npn \o_notation_O:n #1 {
  \mathcal{O} \liRundeKlammer{#1}
}
\def\liONotationO#1{
  \ifmmode
    \o_notation_O:n { #1 }
  \else
    $ \o_notation_O:n { #1 } $
  \fi
}
```

2.32 petri.sty

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

2.32.1 Makro-Kürzel

```
\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
```

2.33 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

```

2.34 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}
```

2.35 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}
}
```

2.36 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}}
}
```

2.37 relationale-algebra.sty

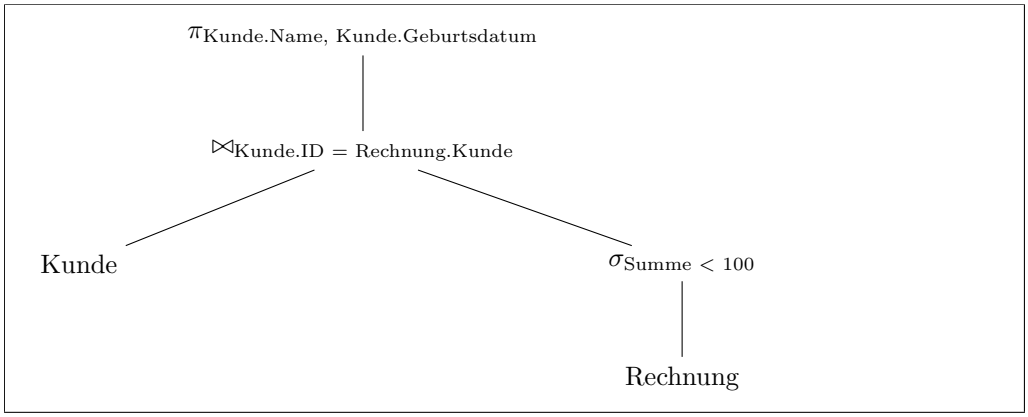
```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-relationale-algebra}[2020/12/11]
```

```
\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`: $A \bowtie\!\!\!\!\!\!\;\;\; B$

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

`\rightouterjoin` `A \rightouterjoin B`: $A \;\;\;\!\!\!\!\bowtie B$

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

`\fullouterjoin` `A \fullouterjoin B`: $A \;\;\;\!\!\!\!\bowtie\!\!\!\!\!\!\;\;\; B$

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

2.38 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}
```

2.38.1 Makro-Kürzel

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

2.39 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}
```

2.40 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}
```

2.41 sql.sty

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesPackage{lehramt-informatik-tabelle}[2021/09/02 Zu Setzen von SQL]

\liLadePakete{syntax}

\RequirePackage{fancyvrb}
\DefineVerbatimEnvironment{liSqlErgebnis}{Verbatim}
{fontsize=\footnotesize}

```

2.42 struktogramm.sty

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

```

2.43 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.

2.43.1 Makro-Kürzel

```
\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|}
```

2.44 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
    },
  }
}

```

2.45 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
```

2.45.1 Makro-Kürzel

```
\let\schrittE=\liSyntheseUeberErklaerung
```

2.45.2 TeX-Markup Grundgerüst

```
\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}
```

2.45.3 TeX-Markup Linksreduktion

```
\let\ahl=\liLinksReduktionInline
\let\fa=\liFunktionaleAbhaengigkeit
\let\m=\liAttributMenge
\let\b=\textbf

\liPseudoUeberschrift{\fa{C, E -> D, X}}

$\m{D, X} \in$ \ahl{C, E}{E}{A, C, B, \b{D, X}}\\
$\m{D, X} \notin$ \ahl{C, E}{C}{E, F}

\liPseudoUeberschrift{\fa{C, E -> F}}

$F \notin$ \ahl{C, E}{E}{A, C, B}\\
$F \in$ \ahl{C, E}{C}{E, \b{F}}
```

2.45.4 TeX-Markup Rechtreduktion

```
\let\ahr=\liRechtsReduktionInline
\let\fa=\liFunktionaleAbhaengigkeit

\liPseudoUeberschrift{F}

$F \in$ \ahr{E -> F, X}{E -> F}{E}{E, \b{F}}

\liPseudoUeberschrift{A}

$A \notin$ \ahr{B -> A}{}{B}{B}\\
$A \in$ \ahr{C -> A}{}{C}{\b{A},B,C}
```

2.45.5 TeX-Markup Relationen formen

```
\let\r=\liRelation
\let\u=\underline

\r[R1]{\u{A, D}, E}\\
\r[R2]{\u{B, C}, A, E}\\
\r[R3]{\u{D}, B}
```

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
```

2.46 tabelle.sty

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

```

2.47 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{$\emptyset$~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
}
```

`\liGeschweifteKlammern` Große geschweifte Klammer mit Istgleich-Zeichen.

Variable $= \Bigl\{$

Inhalt

$\Bigr\}$

```
\def\liGeschweifteKlammern#1#2#3#4{
  \par
  \medskip
  \noindent
  #1 \, $= \Bigl\{$
  \vspace{#3}
  #2
  \vspace{#4}
  \begin{flushright}$\Bigr\}$\end{flushright}
  \par
}
```

`\liTypoUeberschrift`

```
\def\liTypoUeberschrift#1{
  {
    \bfseries\sffamily
    #1
  }
}
```

\liTypoUeberGross

```
\def\liTypoUeberGross#1{
  {
    \huge
    \liTypoUeberschrift{#1}
  }
}
```

\liTypoUeberGross

```
\def\liTypoUeberGROSS#1{
  {
    \Huge
    \liTypoUeberschrift{#1}
  }
}
```

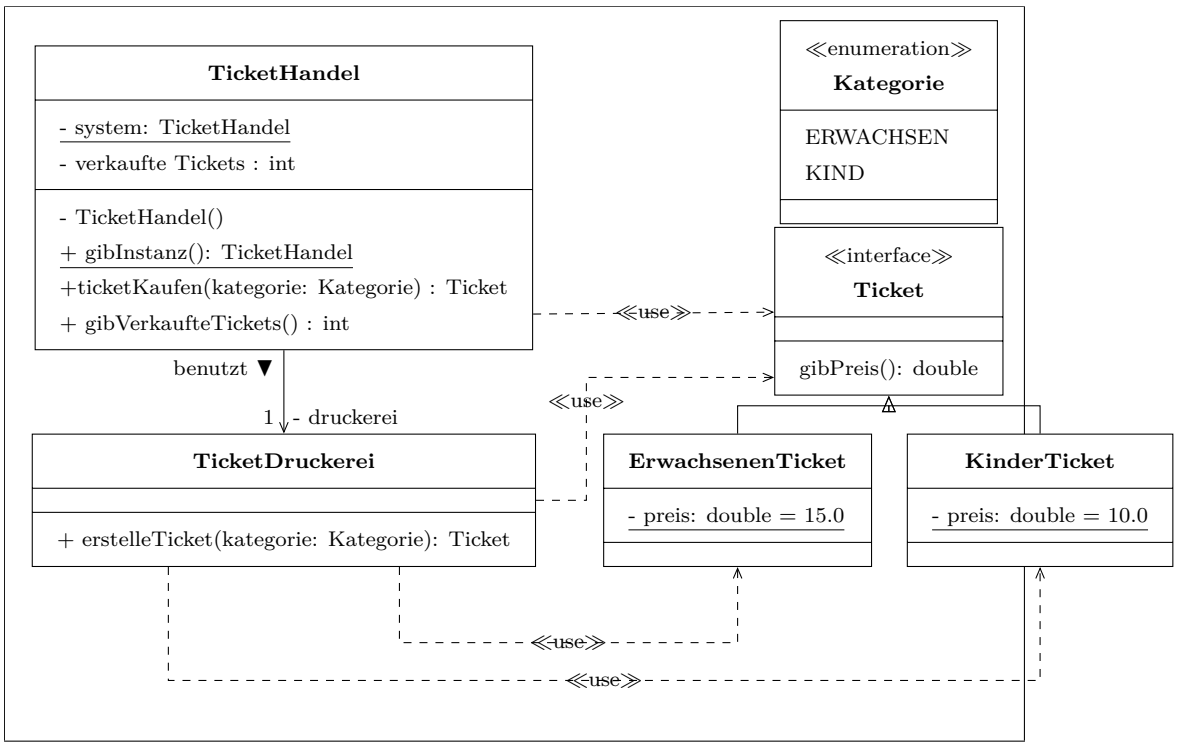
```
\ExplSyntaxOff
```

2.48 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
  };
}
```

2.49 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]
```

2.49.1 Makro-Kürzel

```
\let\m=\liInduktionMarkierung
\let\e=\liInduktionErklaerung
```

```
\begin{align*}
C_{n+1}
& = \frac
    {(4 \cdot (\m{n + 1} - 1) + 2) \cdot \text{cn}(\m{n + 1} - 1)}
    {\m{n + 1} + 1}
& \e{Java nach Mathe}\\
%
& = \frac
    {(4\m{n} + 2) \cdot \text{cn}(\m{n})}
    {\m{n + 2}}
& \e{addiert, subtrahiert}\\
%
& = \frac
    {(4n + 2) \cdot \m{(2n)!}}
    {(n + 2) \cdot \m{(n + 1)! \cdot n!}}
& \e{für cn(n) Formel eingesetzt}\\
%
& = \frac
    {(4n + 2) \cdot (2n)! \m{\cdot (n + 1)}}
    {(n + 2) \cdot (n + 1)! \cdot n! \m{\cdot (n + 1)}}
& \e{$(n + 1)$ multipliziert} \\
%
& = \frac
    {(4n + 2) \cdot \m{(n + 1) \cdot (2n)!}}
    {(n + 2) \cdot (n + 1)! \cdot \m{(n + 1) \cdot n!}}
& \e{umsortiert} \\
%
& = \frac
    {\m{(2(n + 1))!}}
    {\m{(n + 2)! \cdot (n + 1)!}}
& \e{Hilfsgleichungen verwendet}\\
%
& = \frac
    {(2(\m{n + 1}))!}
    {(((\m{n + 1}) + 1)! \cdot (\m{n + 1})!}
& \e{$(n + 1)$ verdeutlicht}\\
\end{align*}
```

Lade häufig benötigte Pakete

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

```
\ExplSyntaxOn
```

`\liInduktionMarkierung` Hilfsmakro um Teile von mathematischen Formeln markieren zu können.
Let-Abkürzung: `\let\m=\liInduktionMarkierung`

```
\def\liInduktionMarkierung#1{\textcolor{violet}{#1}}
```

`\liInduktionErklaerung` Gedacht für die rechte Spalte in der align-Umgebung. Das text-Makro ist dann nicht mehr nötig.

Let-Abkürzung: `\let\e=\liInduktionErklaerung`

```
\def\liInduktionErklaerung#1{\scriptsize\text{#1}}
```

`\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
```

2.50 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}

```

2.51 wpkalkuel.sty

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

2.51.1 Makro-Kürzel

```
\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

\# 114
\, ... 358, 417, 472, 699, 717, 1349, 1351, 2039, 2040, 2041, 2379, 2876, 3062
\@Skip@Erklaerung@Reset . . . 3215, 3217, 3228
\@afterheading 1573, 1921, 2008
\@afterindentfalse 1572, 1920, 2007
\@liDirLeft 3110, 3115, 3127
\@liDirRight 3111, 3113, 3114, 3115, 3116, 3127
\@liDistance 3121, 3122, 3126
\@liPos . . 3118, 3119, 3126
\\ 729, 757, 758, 761, 762, 765, 766, 861, 862, 863, 970, 1004, 1006, 1036, 1045, 1090, 1132, 1133, 1134, 1139, 1140, 1141, 1161, 1908, 2274, 2332, 2335
\{ 212, 1286, 1296, 1308, 1309, 1314, 1348, 1747, 2319, 2744, 3062, 3231
\} 212, 1286, 1296, 1308, 1309, 1316, 1352, 1748, 2319, 2744, 3066, 3231
_ 37, 45, 50, 52, 305, 333, 357, 360, 370, 393, 397, 401, 403, 405, 407, 410, 416, 417, 431, 432, 438, 441, 444, 454, 461, 463, 466, 1552, 1557, 1590, 1640
\␣ 2331, 2341

A

\addbibresource 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886
\AddToHook 1575, 1644
\advance 2793
\AfterEndEnvironment 2869
\allsectionsfont . . . 1398
\Alph 1412
\alph 1412, 1413
\alpha 2976, 2978, 2979, 2982, 2984, 2985, 2986, 2987, 2988, 2992, 2998, 2999, 3004, 3005, 3006, 3009, 3017, 3018, 3019
\arabic 1412, 2588, 2593, 2598, 2604, 2610, 2616
\arraystretch 2269

B

\BeforeBeginEnvironment 2868
\begin 755, 809, 824, 859, 883, 930, 962, 977, 1002, 1012, 1032, 1052, 1084, 1101, 1130, 1155, 1176, 1200, 1215, 1329, 1418, 1493, 1646, 1701, 1710, 1717, 1825, 1900, 1958, 1963, 1971, 1996, 2001, 2012, 2022, 2026, 2109, 2113, 2132, 2155, 2178, 2193, 2272, 2273, 2323, 2368, 2508, 2528, 2669, 2691, 2705, 2868, 2879, 3066
\begingroup 1901, 2321, 2789
\beschriftung 1938, 1942, 1946, 1950, 1954, 1956
\beta 2976, 2979, 2983, 2984, 2985, 2988, 2998, 2999, 3000, 3005, 3006
\bf 2566, 2567, 2568
\bfseries 558, 1402, 1404, 1557, 1606, 1657, 2566, 2572, 2574, 2576, 2577, 2953, 3071
\Bigl 3062
\Bigr 3066
\bigskip 450, 731, 736, 1568, 1910, 2247
\bool 336, 418
\bowtie 2714, 2717, 2718, 2719
\Box 164
\boxtimes 548

C

\c 1495, 1496
\cdot 2084, 2140, 2151
\centerline 1706, 2667, 2689, 2704
\cftbeforesecskip . . 1680
\cftbeforesubsecskip 1681, 1682
\cftbeforesubsubsecskip 1683
\cftsubsecafterpnum 1682
\chapter 1402, 1403
\char 1908
\clearpage 1607, 1688, 1902
\cline 729
\clist 231, 279, 280, 302, 306, 2801
\columnbreak 2836
\contentsname 1686

\cs 305, 333, 357, 360, 370, 393, 405, 416, 417, 454, 461, 466, 1528, 1535, 1541, 1990, 2391
\csname 1480, 1483
\cup 1309, 2353, 2985, 2999, 3006

D

\DeclareMathSymbol 2217, 2218
\DecoINERT 2591, 2664, 2665, 2687
\DecoINERTwithPivot 2607, 2686
\DecoLEFT 2586, 2685
\DecoLEFTwithPivot 2601, 2663
\DecoRIGHT 2596, 2688, 2698
\DecoRIGHTwithPivot 2613, 2666
\definecolor 1400
\DefineVerbatimEnvironment 2842
\delta 70, 112, 170, 212, 1300
\dh 2041, 2987
\directlua 63, 142, 200, 205, 1281, 1295, 1315, 1323, 1330, 1335, 2304, 2309, 2362, 2369, 2376, 2756, 2855, 2887, 2892, 2893, 2897, 2902, 2903, 2907, 2913, 2914
\do 2587, 2592, 2597, 2602, 2608, 2614
\dots 589, 593, 1747, 2515, 2998, 2999
\DOWNarrow 3114
\draw 1500, 1503, 1506, 2463, 2762, 2765

E

\edef 1491, 2680, 2684, 2696, 2697
\edge 276
\else 653, 661, 669, 677, 684, 1290, 1304, 1340, 1954, 2057, 2067, 2077, 2091, 2315, 2352, 2397, 2458, 2626, 2819, 2821, 3198
\emph . . 750, 997, 1252, 1728, 1757, 1759, 1907
\empty 1954, 2351
\emptyset 2261, 2993, 3014, 3047
\end 794, 820, 845, 880, 914, 946, 974, 990, 1009, 1017, 1048, 1077, 1098, 1123, 1148, 1168, 1187, 1212, 1230, 1331, 1420, 1509, 1676, 1713, 1714, 1721, 1830, 1905, 1960, 1968, 1987, 2003, 2004, 2018, 2029, 2030, 2111, 2127, 2152, 2175, 2190, 2200, 2276, 2277, 2325, 2370, 2518, 2538, 2669, 2691, 2705, 2869, 2883, 3066
\endcsname 1480, 1483
\endgroup 1904, 2326, 2794
\enspace 3051, 3053
environments:
liAdditum 1961
liAHuelle 2320
liAntwort 1934
liDiagramm 2020
liEinbettung 1933
liExkurs 1969
liGraphenFormat . 1472
liKasten 1417
liKontrollflussgraph 1824
liLernkartei 2010
liProduktionsRegeln 1324
liProjektSprache 1932
liQuellen 1990
liRelationenSchemaFormat 2748
liRmodell 2728
liUebergangsTabelle 2269
\equiv 3213, 3232
\erzeuge@tiefgestellt . . . 1295, 1296, 1300
\expandafter 1480, 2622, 2624, 2625, 2626, 2634, 2792
\ExplSyntaxOff . 54, 97, 139, 144, 197, 202, 207, 611, 633, 648, 724, 1276, 1354, 1389, 1592, 1690, 1845, 1861, 2042, 2107, 2297, 2491, 2741, 2802, 2927, 3034, 3087, 3166, 3237
\ExplSyntaxOn 35, 66, 107, 140, 165, 198, 203, 228, 554, 617, 634, 673, 1249, 1344, 1366, 1527, 1612, 1838, 1850, 1898, 2046, 2279, 2384, 2472, 2729, 2799, 2854, 2950, 3044, 3138, 3191

F

\faCheckSquareO 3046
\faCircleThin 1268
\faGg 1262
\fancyfoot 1424, 1425, 1426, 1854, 1855, 1856, 1857
\fancyhead 1423, 1851, 1852, 1853
\faSquareO 1256
\fi . 655, 663, 671, 679, 686, 1292, 1306, 1342, 1957, 2059, 2069, 2079, 2093, 2317, 2354, 2399, 2460, 2627, 2819, 2820, 2823, 2825, 3200
\filcenter 1606
\fontspec 1398
\footcite 752, 821, 843, 890, 913, 945, 998, 1049, 1076, 1122, 1726, 1729, 1736, 1741, 1746, 1750, 1756, 1761, 1866, 2128, 2129, 2284, 2521
\footnote 2033, 2037
\footnotesize 152, 427, 509, 603, 1273, 1564, 1931, 1982, 1997, 2013, 2228, 2322, 2339, 2347, 2476, 2485, 2728, 2843, 2874, 3026, 3101, 3127
\footrulewidth . 1429, 1859
\foreach . 1495, 1498, 1505
\forestFirst . . 2816, 2819
\forestLast . . . 2817, 2819
\forestOget . . . 2816, 2817
\forestOnes 2829
\forestOv 2818, 2819, 2822
\forestov . 2808, 2812, 2813, 2816, 2817, 2818, 2819, 2821, 2822
\forestset 2804, 2827
\forestSortLevel 2806, 2814, 2828, 2829
\frac 2086, 2119, 2151, 2166
\fullouterjoin 2719

G

\g . . . 39, 279, 280, 302, 306, 312, 313, 314, 315, 316, 318, 319, 321, 322, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 334, 338, 339, 340, 343, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 395, 399, 403, 406, 407, 409, 410, 412, 413, 420, 421, 422, 423, 431, 432,

434, 440, 441, 443, 444, 446, 447, 459, 462, 467, 469, 473, 1529, 1531, 1542, 1544, 1614, 1618, 1622, 1626, 1627, 1628, 1629, 1630, 1632, 1633, 1635, 1659, 1661, 1666, 1670
\Gamma . 111, 169, 212, 1309
\gappto 2824
\geometry 5
\geq 1754, 2117, 2504, 2509, 2525, 2529

H

\hbox 2714
\headrulewidth . 1428, 1858
\headwidth 1860
\hfill 1558, 1589, 2136, 2142, 2147, 3054
\hinweis 1931
\hline 2274
\horizontale . . 1535, 1566
\href 1362, 1584, 2037, 2204, 2882
\hspace . . 2466, 3205, 3213
\ht 2715
\Huge 1657, 3083
\huge 1606, 3077

I

\i 1505, 1506
\ifcase 2623
\ifmmode 651, 659, 667, 675, 682, 1288, 1302, 1338, 2055, 2065, 2075, 2089, 2313, 2395, 2456, 3196
\IfNoValueTF 1964, 2033, 2037
\ifnum 2550, 2791, 2807, 2815, 2821
\ifx 1954, 2351, 2819
\in 577, 733, 1754, 2099, 2102, 2105, 2134, 2140, 2145, 2504, 2515, 2525, 2535, 2976, 2978, 2984, 3005, 3154
\inhaltsverzeichnis 1899
\input 17, 20, 23, 26, 29, 479, 1623
\inputminted 2886, 2896, 2906, 2918, 2921, 2925
\int 2801
\item 548, 549, 826, 830, 835, 840, 884, 893, 898, 906, 978, 983, 987, 1013, 1053, 1058, 1065, 1073, 1102, 1107, 1111, 1116, 1216, 1221, 1226, 1711, 1712, 1990, 1994, 2114, 2119, 2123, 2133, 2139, 2144, 2156, 2160, 2164, 2168, 2172, 2179, 2183, 2187, 2509, 2512, 2515, 2529, 2532, 2535
\itshape 602, 3025

J

\j 1495, 1496, 1498, 1499, 1500, 1505, 1506, 1507

K

\k 1505
\keys 41, 75, 87, 117, 127, 175, 185, 310, 621, 625, 639, 644, 1373, 1380

L

\l 68, 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 619, 622, 627, 628, 631, 636, 637, 640, 641, 646, 1368, 1369, 1370, 1371, 1374, 1375, 1376, 1377, 1383, 1384, 1385, 1386, 1841, 1842, 1843, 1993, 1994, 1995, 2002
\labelenumi 1413
\labelenumii 1414
\labelitemi 1407
\labelitemii 1408
\labelitemiii 1409
\labelitemiv 1410
\land 3233, 3235
\LARGE 1402, 1666
\Large 1557
\large 1552, 1647, 1706, 2778
\leaders 3054
\left 2049, 2389
\LEFTarrow 3115
\leftarrow 665
\leftouterjoin 2717
\leftskip 3217, 3218, 3228
\LehramtInformatikAutorEmail 1857
\LehramtInformatikAutorName 1856
\LehramtInformatikGitBranch 458, 2862
\LehramtInformatikGithubCodeRepo 2861
\LehramtInformatikGithubDomain 455, 2858
\LehramtInformatikGithubRawDomain 2859
\LehramtInformatikGithubTexRepo 456, 2860
\LehramtInformatikRepository 17, 20, 23, 26, 29, 1624, 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 2857
\LehramtInformatikTitel 1852
\leq 2151, 2512, 2532
\let 1298, 1299, 1902, 2663, 2664, 2665, 2666, 2679, 2681, 2682, 2683, 2685, 2686, 2687, 2688, 2698, 2790, 2828, 2829, 3046
\li@chomsky@erklaerung@texte 568, 604
\li@EntwurfsCode 746, 797, 798, 799, 848, 849, 850, 851, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 1020, 1190, 1191, 1192, 1193, 1233, 1234
\li@EntwurfsCodeAllgemein 745
\li@fussnote@text 2225, 2231, 2235, 2239, 2243
\li@GithubLink 2878, 2891, 2901, 2912
\li@mget . 1482, 1486, 1506
\li@minc 1485, 1507
\li@mset 1479, 1487, 1496, 1499
\li@numdiscs 1491, 1500, 1506
\li@Rmodell@Schrift 2728, 2737, 2747
\li@sequence . . 1492, 1505
\li@synthese@erklaerung@texte 2967, 3027
\liAbleitung 1323
liAdditum (environment) 1961
liAHuelle (environment) 2320
\liAlphabet 1308
liAntwort (environment) 1934
\liAnweisung 1832
\liAssemblerCode . . . 2916

\liAssemblerDatei .. 2917
\liAttribut 2747
\liAttributHuelle 2311, 2979, 2984
\liAttributHuelleOhneMathe 2311, 2314, 2316, 2330, 2340, 2348
\liAttributMenge 2319, 2331, 2334, 2341, 2342, 2356, 2358
\liAufgabe 16
\liAufgabenMetadaten 47, 1548, 1638
\liAufgabenTitel 55
\liAusdruck 1345
\liAutomat 66
\liAutomatenKante 98
\liBandAlphabet 1309
\liBedingung 1833
\liBedingungDrei 2104, 2147, 2187
\liBedingungEins 2098, 2136, 2179
\liBedingungFalsch . 1835
\liBedingungWahr ... 1834
\liBedingungZwei 2101, 2142, 2183
\liBeschriftung 1923
\liBindeAufgabeEin . 1621
\liChomskyErklaerung 568, 609
\liChomskyUeberErklaerung 607
\liChomskyUeberschrift 556, 608
\liCpmEreignis 617
\liCpmFruehErklaerung 688
\liCpmFruehI ... 681, 701
\liCpmSpaetErklaerung 706
\liCpmSpaetI ... 674, 719
\liCpmVon 657
\liCpmVonOhneMathe 657, 660, 662
\liCpmVonZu 649
\liCpmVonZuOhneMathe 649, 652, 654
\liCpmVorgang 634
\liCpmZu 665
\liCpmZuOhneMathe 665, 668, 670
liDiagramm (environment) 2020
liEinbettung (environment) 1933
\liEntwurfs 1171
\liEntwurfsAbstrakteFabrik 801
\liEntwurfsAbstrakteFabrikBeschreibung 749, 802
\liEntwurfsAbstrakteFabrikCode 796, 806
\liEntwurfsAbstrakteFabrikUml 754, 804
\liEntwurfsAdapter .. 853
\liEntwurfsAdapterAkteure 823, 855
\liEntwurfsAdapterCode 847, 856
\liEntwurfsAdapterUml 808, 854
\liEntwurfsBeobachter 924
\liEntwurfsBeobachterAkteure 882, 926
\liEntwurfsBeobachterCode 916, 927
\liEntwurfsBeobachterUml 858, 925
\liEntwurfsDekorierer 956
\liEntwurfsDekoriererAkteure 958
\liEntwurfsDekoriererCode 948, 959
\liEntwurfsDekoriererUml 929, 957
\liEntwurfsEinfacheFabrik 992
\liEntwurfsEinfacheFabrikAkteure 976, 994
\liEntwurfsEinfacheFabrikUml 961, 993
\liEntwurfsEinzelstueck 1022
\liEntwurfsEinzelstueckAkteure 1011, 1027
\liEntwurfsEinzelstueckBeschreibung 996, 1023
\liEntwurfsEinzelstueckCode 1019, 1029
\liEntwurfsEinzelstueckUml 1001, 1025
\liEntwurfsErbauer . 1079
\liEntwurfsErbauerAkteure 1051, 1081
\liEntwurfsErbauerUml 1031, 1080
\liEntwurfsFabrikmethode 1125, 1150
\liEntwurfsFabrikmethodeAkteure 1100, 1127
\liEntwurfsFabrikmethodeUml 1083, 1126
\liEntwurfsKompositum 1150
\liEntwurfsKompositumAkteure 1152
\liEntwurfsKompositumUml 1129, 1151
\liEntwurfsModellPraesentationSteuerung 1171
\liEntwurfsModellPraesentationSteuerungAkteure 1173
\liEntwurfsModellPraesentationSteuerungUml 1154, 1172
\liEntwurfsStellvertreter 1195
\liEntwurfsStellvertreterCode 1189, 1197
\liEntwurfsStellvertreterUml 1175, 1196
\liEntwurfsZustand . 1236
\liEntwurfsZustandAkteure 1214, 1238
\liEntwurfsZustandCode 1232, 1239
\liEntwurfsZustandUml 1199, 1237
\liEpsilon 1294
\liErAttribute 1252, 1266, 1268
\liErDatenbankName . 1271
\liErEntity 1250, 1254, 1256
\liErledigt 3046
\liErMpAttribute ... 1265
\liErMpEntity 1253
\liErMpRelationship 1259
\liErRelationship 1251, 1260, 1262
\liExamensAufgabe 19
\liExamensAufgabeA ... 28
\liExamensAufgabeTA .. 25
\liExamensAufgabeTTA . 22
liExkurs (environment) 1969
\liFalsch 549
\liFlaci 1355
\liFremd 2727
\liFunktionaleAbhaengigkeit ... 2350, 2353, 2361
\liFunktionaleAbhaengigkeiten 2364
\liFussnote ... 2224, 2226
\liFussnoteDreiText 2238, 2256
\liFussnoteEinsText 2230, 2250
\liFussnoteLink 2036
\liFussnoten 2246
\liFussnoteUrl . 1169, 2032
\liFussnoteVierText 2242, 2259
\liFussnoteZweiText 2234, 2253
\liGeschweifteKlammern ... 1327, 2365, 3058
\liGrammatik 1366
liGraphenFormat (environment) 1472
\liHanoi 1479
\liHaskellCode 2923
\liHaskellDatei 2924
\liInduktionAnfang . 3141
\liInduktionErklaerung 3140
\liInduktionMarkierung 3139
\liInduktionSchritt 3157
\liInduktionVoraussetzung 3149
\liJavaCode 2876

\liJavaDatei .. 747, 2885
\liJavaExamen 2905
\liJavaTestDatei ... 2895
liKasten (environment) 1417
\liKellerAutomat 107
\liKellerKante 145
\liKellerUebergang 140, 146
\liKontrollCode 1836
liKontrollflussgraph (environment) 1824
\liKontrollKnotenPfad 1838
\liKontrollTextzeileKnoten 1837, 1842
\liKurzeTabellenLinie 729
\liLadeAllePakete 233, 1609
\liLadePakete 59, 62, 229, 234, 555, 616, 1285, 1515, 1597, 1696, 2223, 2303, 2471, 2840, 2949
\liLatexCode 2877
\liLeereZelle 2261
liLernkartei (environment) 2010
\liLinksReduktion .. 2328
\liLinksReduktionInline 2337, 2345
\liMasterExkurs 2192
\liMasterFaelle 2131, 2199
\liMasterFallRechnung 2177
\liMasterVariablen 2108, 2194
\liMasterVariablenDeklaration 2154
\liMasterWolframLink 2202
\liMenge ... 76, 77, 79, 118, 119, 120, 124, 176, 177, 178, 182, 1286, 1335, 1374, 1375
\liMengeOhneMathe 1286, 1289, 1291
\liMetaSetze 36, 48, 1549, 1639
\liMinimierungErklaerung 2283
\liMinispracheDatei 2920
\linespread 2735
\liNichtsZuTun 3047
\liO 2071, 2099
\liOmega 2061, 2105
\liOmegaOhneMathe 2061, 2066, 2068
\liONotationO 2391
\liOOhneMathe 2071, 2076, 2078
\liParagraphMitLinien 604, 689, 707, 2285, 3027, 3048, 3145, 3153, 3161
\liPetriErreichKnotenDrei 2465
\liPetriErreichTransition 2462
\liPetriSetzeSchluessel 2407
\liPetriTransitionsName 2454, 2466
\liPetriTransitionsNameOhneMathe ... 2454, 2457, 2459
\liPetriTransPfeile 2466
\liPolynomiellReduzierbar 1716
\liPotenzmenge 1295, 1299, 2477
\liPotenzmengeOhneMathe ... 1296, 1297, 1298
\liPrimaer 2726
\liProblemBeschreibung 1700
\liProblemClique ... 1723
\liProblemName 1699, 1706, 1718, 1720, 1733, 1744, 1745, 1753, 1754
\liProblemSat 1752
\liProblemSubsetSum 1743, 1752
\liProblemVertexCover 1723, 1731
\liProduktionen 1334, 1376
liProduktionsRegeln (environment) 1324
liProjektSprache (environment) 1932
\liPseudoUeberschrift 1909, 1965, 1966, 2271, 2281, 3142, 3150, 3158
\liPumpingKontextfrei 2523
\liPumpingRegulaer . 2502
liQuellen (environment) 1990
\liRechtsReduktionInline 2345
\liRekursionsGleichung 2095, 2158
\liRelation 2375
liRelationenSchemaFormat (environment) 2748
\liRelationMenge ... 2742
\liRichtig 548
liRmodell (environment) 2728
\liRundeKlammer 2048, 2052, 2062, 2072, 2086, 2388, 2392
\liSetzeExamenTeilaufgabeNr 1617
\liSetzeExamenThemaNr 1613
\liSortierMarkierung 2767
\liSortierPfeil 2761
\liSortierPfeilUnten 2764
\liSpaltenUmbruch .. 2836
\liSqlCode 2928
\listen@punkt .. 1990, 2002
\liStrich 1698
\liSyntheseErklaerung 2967, 3032
\liSyntheseUeberErklaerung 3030
\liSyntheseUeberschrift 2951, 3031
\liT 2081, 2096, 2110, 2174
\liTeilen 2308
\literatur 1865, 1889
\liTheta 2051, 2102, 2134, 2140, 2145
\liThetaOhneMathe 2051, 2056, 2058
\liTOhneMathe 2081, 2090, 2092
\liTuringKante 208
\liTuringLeerzeichen 164, 172
\liTuringMaschine ... 165
\liTuringUeberfuehrung 211
\liTuringUebergaenge 203, 209
\liTuringUebergangZelle 198
\liTypoUeberGROSS .. 3081
\liTypoUeberGross 3075, 3081
\liTypoUeberschrift 3069, 3078, 3084
\liUeberfuehrungsFunktion 1300
\liUeberfuehrungsFunktionOhneMathe ... 1300, 1303, 1305
liUebergangsTabelle (environment) 2269
\liUeberschriftDreiecksTabelle 2279
\liUmlLeserichtung . 3109
\liVertauschen 2755
\liWortInSprache 730
\liWortNichtInSprache 735
\liWpEquivalent 3212
\liWpErklaerung 3215
\liWpErklaerungVerzweigung 3230
\liWpKalkuel 3192
\liWpKalkuelOhneMathe 3192, 3197, 3199, 3231, 3233, 3235
\liZustandsBuchstabe 1310, 1319, 1321, 1339, 1341
\liZustandsBuchstabeGross ... 1311, 1320, 1322
\liZustandsmenge ... 1298

\liZustandsmengeNr 1312, 2486
\liZustandsmengeNrGross 1320
\liZustandsMengenSammlung 2473
\liZustandsMengenSammlungNr 2482
\liZustandsmengeOhneMathe 1298
\liZustandsname 1321
\liZustandsnameGross ... 1322, 2474, 2483
\liZustandsnameTiefgestellt 1337
\liZustandsPaar 2263
\liZustandsPaarVariablenName ... 2262, 2265, 2266
\llap 2715
\log 2099, 2102, 2105, 2134, 2140
\loop 2548
\lor 3234
\ltimes 2210

M

\makeatletter 2787
\makeatother 2795
\marginpar 1255, 1261, 1267, 1907
\mathbb .. 1754, 2535, 3154
\mathbin . 2717, 2718, 2719
\mathcal 2072, 2392, 3005, 3010, 3012, 3013, 3014
\Mathe 3209
\MatheEnv 3202, 3210, 3213
\mathord 2217, 2218
\mdfsetup 1416, 1939, 1943, 1947, 1951
\medskip 1554, 1561, 1708, 1916, 1926, 1928, 2000, 2028, 2733, 2739, 3056, 3060, 3203, 3207
\memph 1907
\mintinline 2876, 2877, 2916, 2923, 2928
\mkern ... 2717, 2718, 2719
\mlq 2215, 2217
\mrq 2215, 2218
\msg 477
\myList 2808, 2809, 2810, 2813
\myNodes 2797, 2812, 2818, 2822, 2824

N

\NeedsTeXFormat 1, 14, 32, 57, 225, 483, 544, 551, 613, 726, 741, 1242, 1278, 1391, 1431, 1440, 1445, 1474, 1512, 1594, 1692, 1764, 1847, 1863, 1869, 1891, 2044, 2207, 2220, 2299, 2382, 2402, 2468, 2493, 2498, 2542, 2708, 2721, 2750, 2831, 2838, 2845, 2850, 2930, 2945, 3036, 3040, 3089, 3131, 3168, 3188
\neg 3235
\negthinspace .. 2049, 2389
\newcounter ... 2562, 2563
\NewDocumentCommand 67, 108, 145, 166, 208, 229, 618, 635, 674, 681, 730, 735, 1345, 1367, 1716, 1839, 1867, 2032, 2036, 2364, 2375, 2462, 2885, 2895, 2905, 2917, 2920, 2924, 3109
\NewDocumentEnvironment 1324, 1417, 1472, 1824, 1932, 1933, 1934, 1961, 1969, 1991, 2010, 2020, 2270, 2320, 2730, 2748
\newlength 3215
\node 631, 1832, 1837, 2588, 2593, 2598, 2604, 2610, 2616, 2767, 2812, 3126
\noexpand 2676, 2677, 2678, 2697, 2812
\noindent 429, 732, 737, 1537, 1551, 1556, 1563, 1579, 1586, 1589, 1913, 1925, 1929, 1955, 1983, 1985, 1998, 2014, 2016, 2024, 2196, 2249, 2252, 2255, 2258, 2743, 3049, 3061, 3221
\nolinkurl 2882
\normalsize 1404
\notin 738
\null 3054

O

\o 2391, 2396, 2398
\o@join 2714, 2717, 2718, 2719
\Omega 2062
\omega 2504, 2505, 2525, 2526
\or 2625

P

\pagestyle 1427, 1645
\par 428, 449, 608, 1356, 1364, 1532, 1536, 1539, 1552, 1559, 1570, 1586, 1589, 1648, 1652, 1659, 1661, 1666, 1670, 1674, 1912, 1918, 1924, 1984, 2006, 2015, 2667, 2689, 2704, 2745, 3031, 3055, 3059, 3067, 3220, 3226
\paragraph 1404
\parindent 2736
\path 99, 146, 209, 646
\pgfkeys .. 2418, 3112, 3113, 3114, 3115, 3116, 3119, 3122, 3124
\pgfmath@count 2789, 2791, 2793
\pgfmath@smuggleone 2794
\pgfmathdeclarefunction 2788
\pgfmathint 2789
\pgfmathparse 1486, 2806, 2811, 2814, 2828, 2829
\pgfmathresult 1487, 2789, 2790, 2792, 2794, 2807, 2815, 2828, 2829
\pgfutil@empty 2790
\pgfutil@loop 2791
\pgfutil@repeat 2794
\preceq 1719
\prime 1698
\printbibliography . 1889
\ProvidesPackage 2, 15, 33, 58, 226, 484, 545, 552, 614, 727, 742, 1243, 1279, 1392, 1432, 1441, 1446, 1475, 1513, 1595, 1693, 1765, 1848, 1864, 1870, 1892, 2045, 2208, 2221, 2300, 2383, 2403, 2469, 2494, 2499, 2543, 2709, 2722, 2751, 2832, 2839, 2846, 2851, 2931, 2946, 3037, 3041, 3090, 3132, 3169, 3189

Q

\QS@list 2669, 2680, 2684, 2691, 2697, 2702, 2705
\QS@select@equal 2644, 2648
\QS@select@greater 2645, 2649
\QS@select@smaller 2640, 2643, 2647

\QS@sort@a 2622, 2655, 2676, 2677
\QS@sort@b 2622, 2623
\QS@sort@c 2626, 2633
\QS@sort@d 2634, 2642
\QS@sort@empty . 2624, 2629
\QS@sort@single 2625, 2630
\QSinitialize 2547, 2659, 2694
\QSIr . 2630, 2636, 2644, 2664, 2678, 2683, 2686
\QSIrr 2665, 2678, 2679, 2687
\QSLr 2636, 2643, 2654, 2655, 2663, 2676, 2681, 2685
\QSpivotStep 2549, 2659, 2663, 2674
\QSr 2636
\QSRr 2645, 2666, 2677, 2682, 2688, 2697, 2698, 2699
\QSsortStep 2551, 2659, 2675, 2676
\quad 2227

R

\raisebox 1837
\relax 1902, 2636, 2679, 2681, 2682, 2683, 2791, 2793
\renewcommand 1407, 1408, 1409, 1410, 1413, 1414, 1428, 1429, 1682, 1686, 1858, 1859, 2269
\repeat 2552
\RequirePackage 4, 60, 163, 227, 231, 480, 486, 487, 547, 615, 744, 745, 1245, 1247, 1248, 1284, 1393, 1394, 1397, 1399, 1401, 1406, 1415, 1422, 1433, 1434, 1443, 1447, 1448, 1449, 1477, 1478, 1526, 1605, 1610, 1611, 1643, 1697, 1766, 1866, 1871, 1872, 1888, 1895, 1896, 1897, 2047, 2211, 2212, 2385, 2386, 2387, 2404, 2406, 2496, 2556, 2558, 2710, 2711, 2712, 2725, 2753, 2784, 2835, 2841, 2848, 2853, 2864, 2865, 2933, 3038, 3045, 3093, 3094, 3096, 3097, 3135, 3136, 3137, 3170, 3190
\right 2049, 2389
\RIGHTarrow ... 3111, 3116
\Rightarrow 733, 738
\rightarrow 212, 572, 577, 585, 589, 591, 592, 594, 649, 657, 2466, 2976, 2983, 2985, 2988, 2993, 2998, 2999, 3004
\rightouterjoin 2718
\Roman 1412
\roman 1412, 1414
\romannumeral 2634
\rtimes 2210
\rule 1538, 2667, 2689, 2704, 2715

S

\sb 72, 82, 84, 113, 171, 584, 585, 589, 592, 593, 594, 676, 678, 683, 685, 1339, 1341, 2099, 2102, 2105, 2134, 2140, 2289, 2454, 2463, 2998, 2999, 3000, 3005, 3009, 3010, 3013, 3014, 3017, 3018, 3019
\scriptscriptstyle 649, 657, 665
\scriptsize 1358, 1777, 1784, 1790, 1852, 1853, 1856, 1857, 3140, 3193, 3223
\section ... 52, 1606, 1615
\sectionbreak 1607
\seq . 1841, 1842, 1843, 1993, 1994, 1995, 2002
\setbox 2714
\setcounter 1405, 1608, 1642, 2668, 2690, 2704
\setganttlinklabel .. 1435, 1436, 1437, 1438
\setlength 1680, 1681, 1683, 1860, 2736, 3217, 3218, 3228
\setmainfont 1395
\setmainlanguage 481
\setminted 2870, 2871
\setminus 2349
\setsansfont 1396
\setul 2727
\sffamily 559, 1402, 1404, 1506, 1606, 1657, 2954, 3071
\shoveleft 2329
\shoveright 2333
\Sigma 69, 110, 168, 1308, 1309, 1369
\sigma 582, 584, 585
\SLASH 1908
\small 2023
\sort 2801
\sortList 2800, 2809
\square 549
\stepcounter 2588, 2593, 2598, 2601, 2603, 2607, 2609, 2613, 2615
\stichwoerter .. 1528, 1564
\str 361, 560, 569, 1936, 2478, 2487, 2955, 2968
\string 2331, 2341
\StrSubstitute . 2808, 2810
\strut 2156, 2160, 2164, 2168, 2172, 2836
\subsection 1619
\subseteq 2979, 3012, 3019
\subsubsection 1640

T

\tableofcontents 1687, 1903
\TeX 1587
\text 82, 84, 187, 2311, 3140, 3193
\textbf 696, 714, 1250, 1530, 1724, 1733, 1744, 1753, 1914, 1927, 1956, 1984, 1999, 2015, 2274
\textcolor 1836, 3139
\textit ... 1090, 1132, 1133, 1134, 1135, 1543, 2025, 2319, 2379
\textsc 1699
\textsf 1914, 1999
\textstyle 2119, 2151
\texttt 1273, 1699, 1833, 1834, 1835, 1836, 3193
\textwidth 1538, 1860
\thematik 1541, 1558
\thepage 1426, 1855
\theparagraph 1404
\thesection 1606
\Theta 2052
\thinspace 3193
\tikz 1837
tikz: bbaum 26
tikz: li binaer baum 24
\tikzchildnode 504
\tikzparentnode 504
\tikzset 101, 148, 214, 489, 515, 1451, 1768, 2444, 2570, 2774, 2935, 3171
\tikzumlset 3099
\times 212
\tiny . 1256, 1262, 1268, 1578, 1836, 1907, 2880
\titleformat 1402, 1404, 1606
\titlespacing 1403
\tl 39, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121,

122, 123, 124, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 303, 307, 334, 338, 339, 340, 343, 348, 349, 350, 362, 371, 406, 409, 412, 420, 421, 422, 423, 434, 440, 443, 446, 462, 469, 619, 622, 627, 628, 636, 637, 640, 641, 1347, 1368, 1369, 1370, 1371, 1374, 1375, 1376, 1377, 1529, 1542, 1614, 1618, 1622, 1629, 1632, 2082
\tmp 2351
\TmpPlaceEight 2426
\TmpPlaceFive 2423
\TmpPlaceFour 2422
\TmpPlaceNine 2427
\TmpPlaceOne 2419
\TmpPlaceSeven 2425
\TmpPlaceSix 2424
\TmpPlaceTen 2428
\TmpPlaceThree 2421
\TmpPlaceTwo 2420
\TmpScale 2439
\TmpTransitionEight 2415, 2436
\TmpTransitionFive 2412, 2433
\TmpTransitionFour 2411, 2432
\TmpTransitionNine 2416, 2437
\TmpTransitionOne 2408, 2429
\TmpTransitionSeven 2414, 2435
\TmpTransitionSix 2413, 2434
\TmpTransitionTen 2417, 2438
\TmpTransitionThree 2410, 2431
\TmpTransitionTwo 2409, 2430
\TmpX 2440
\TmpY 2441
\today 1853
\ttfamily 2728

U

\ul 1251, 2726, 2727
\umlaggreg 1209
\umlassoc 1167
\umlclass 756, 760, 764, 811, 812, 813, 860, 865, 870, 873, 931, 932, 933, 938, 939, 968, 1003, 1034, 1035, 1038, 1089, 1092, 1131, 1137, 1138, 1156, 1157, 1158, 1179, 1180, 1181, 1201, 1202, 1203, 1204
\umldep 1097
\umlHVHaggreg 878, 944, 1147
\umlinherit 817, 868, 1042, 1087, 1095
\umlnote . . 819, 1044, 1211
\umlreal 815, 876
\umlsimpleclass 771, 772, 773, 777, 779, 780, 781, 810, 963, 964, 965, 1033, 1085, 1086, 1177
\umlstatic 970, 1004
\umluniaggreg 1040
\umluniassoc 791, 816, 1041, 1165, 1166, 1185, 1186
\umlVHuniassoc . . 792, 793
\umlVHVdep 785, 786, 788, 789, 972, 973
\umlVHVinherit 768, 769, 774, 775, 782, 783, 941, 942, 966, 967, 1145, 1146, 1183, 1184
\umlVHVreal 935, 936, 1206, 1207
\UParrow 3113
\url 463, 2033
\usemintedstyle 2867
\usetikzlibrary . . 61, 488, 1246, 1450, 1767, 2405, 2713, 2754, 2785, 3098, 3186

V

\value 2550
\varepsilon 561, 572, 573, 1294, 2099, 2105, 2137, 2148
\vfill 1576, 1654, 1685, 2836
\vrule 3050, 3054
\vspace . . . 1650, 1664, 1668, 1672, 1682, 1970, 1988, 3063, 3065

X

\xappto . . 2812, 2818, 2822
\xdef 1480
\xintApply 2638
\xintApplyUnbraced . . 2637, 2643, 2644, 2645
\xintCSVtoList 2697
\xintFor 2587, 2592, 2597, 2602, 2608, 2614, 2655
\xintifEq 2648
\xintifForLast 2604, 2610, 2616
\xintifGt 2649
\xintifLt 2647
\xintLength 2622
\xintnthelt 2634

Z

\ZB 2040
\zB 2039
\zustandsnamens@liste . . . 1312, 1319, 1320