Grundlagen der Theoretischen Informatik

Sebastian Iwanowski
FH Wedel

Kap. 1: Einführung

Vorlesungsüberblick

Inhaltliche Voraussetzungen:

Logisches Denken, Mathematik bis 9. Klasse (Gymnasium)

Lernziele dieser Vorlesung:

Formalisieren des logischen Denkens

Anwenden des logischen Denkens auf Programmanalysen

kein Lernziel dieser Vorlesung:

Überblick über existierende Programmiersprachen

Erlernen einer konkreten Programmiersprache

Vorlesungsüberblick

Vorlesungsthemen:

1. Einführung
2. Logik
3. Verifikationstechniken

Inhaltliche Überschneidungen mit anderen Vorlesungen:

Programmieren I, Diskrete Mathematik

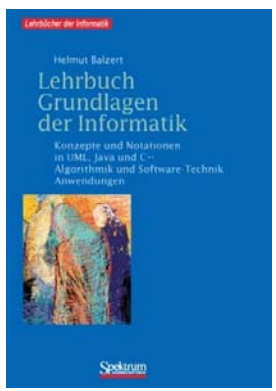
Nachfolgeveranstaltung:

Automaten und Formale Sprachen (im 2. oder 3. Semester)

Literatur allgemein zum Kontext

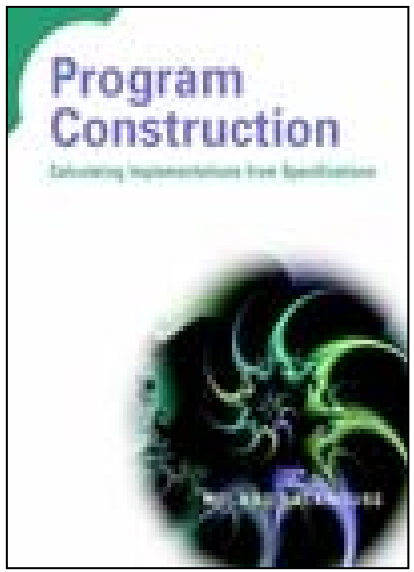
David Harel / Yishai Feldman: *Algorithmik*
Springer 2006, ISBN 3-540-24342-9

Heinz-Peter Gumm / Manfred Sommer:
Einführung in die Informatik
Oldenbourg 2006 (7. Auflage), ISBN 3-486-58115-5
Oldenbourg 2004 (6. Auflage), ISBN 3-486-27389-2
Oldenbourg 1998 (3. Auflage), ISBN 3-486-24422-1

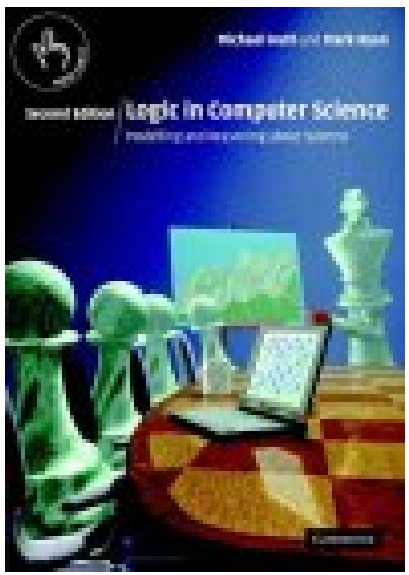


Helmut Balzert: *Lehrbuch Grundlagen der Informatik*
Spektrum 2004 (2. Auflage), ISBN 3-8274-1410-5
in unserer Bibliothek:
Spektrum 1999 (1. Auflage), ISBN 3-8274-0358-8

Literatur spezieller für diese Vorlesung



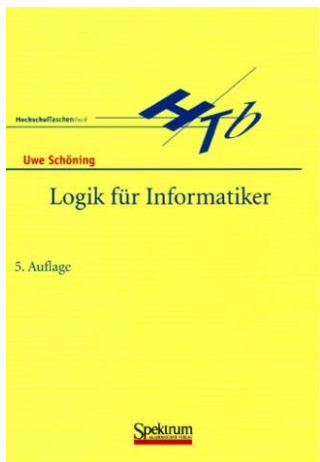
Roland Backhouse: *Programmkonstruktion und Verifikation*
Hanser 1989 (vergriffen), ISBN 3-446-15056-0
Englische Neuauflage:
Program Construction: Calculating Implementations from Specifications
Wiley 2003, ISBN 0470848820



Michael Huth / Mark Ryan: *Logic in Computer Science*
Cambridge University Press 2004 (2. Auflage), ISBN 052154310X

Literatur (Hintergrund)

Gerhard Goos:
Vorlesungen über Informatik,
Band1: Grundlagen und funktionales Programmieren
Springer 2000 (3. Auflage), ISBN 3-540-67270-2



Uwe Schöning: *Logik für Informatiker*
Spektrum 2000 (5. Auflage), ISBN 3-8274-1005-3

Was soll ein Computer machen ?

- **Ausgabe / Wirkung**

  Anzeigen, ausdrucken

  Steuern von Geräten

  Abspeichern von Daten

- **Eingabe / Impuls**

  Tastendruck, Mausklick, Mausbewegung

  Automatisch gemessene Werte

Was soll ein Computer machen ?

Grundsätzlich ist ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Eingabe / Impuls und Ausgabe / Wirkung gefordert

Beschreibungsmöglichkeit: durch Funktionen

Spezifikation $f : D \rightarrow B$

- **Grundsätzlich sind beliebige Definitions- und Bildbereiche möglich**
- **Für die Betrachtung von Software reicht es aus, sich auf Zahlen- und Textbereiche zu beschränken**

Wie soll es der Computer machen ?

Eine Spezifikation legt fest, was der Computer machen soll.

Ein Algorithmus legt fest, wie der Computer die Spezifikation erfüllen soll.

- **Ein Algorithmus ist die Beschreibung einer Folge von Anweisungen an den Computer, die folgenden Anforderungen genügt:**
  - **Die Beschreibung ist eindeutig bezüglich der Abfolge und der Einzelanweisungen.**
  - **Die Parameter, von denen der Algorithmus abhängt, sind vollständig spezifiziert.**
  - **Die Einzelanweisungen sind entweder elementar oder wieder durch einen Algorithmus beschrieben.**
  - **Die Einzelanweisungen sind immer ausführbar.**
  - **Die Beschreibung des Algorithmus ist endlich.**
  - **Die Anwendung des Algorithmus auf eine zulässige Eingabe der Spezifikation endet immer (Terminiertheit).**

Zusammenhang von Spezifikation und Algorithmus

Konstruktionsproblem:

Wie findet man einen Algorithmus zu einer gegebenen Spezifikation ?

Zusammenhang von Spezifikation und Algorithmus

Verifikationsproblem:

Wie beweist man, dass ein gegebener Algorithmus eine gegebene Spezifikation erfüllt ?

Zusammenhang von Spezifikation und Algorithmus

Für folgende Spezifikationen gibt es keinen Algorithmus:

1) **Gegeben eine beliebige Spezifikation:**
   Erstelle einen Algorithmus, der diese Spezifikation erfüllt.

➔ **Das Konstruktionsproblem ist nicht automatisierbar!**

2) **Gegeben eine beliebige Spezifikation und einen beliebigen Algorithmus:**
   Beweise, dass der Algorithmus die Spezifikation erfüllt

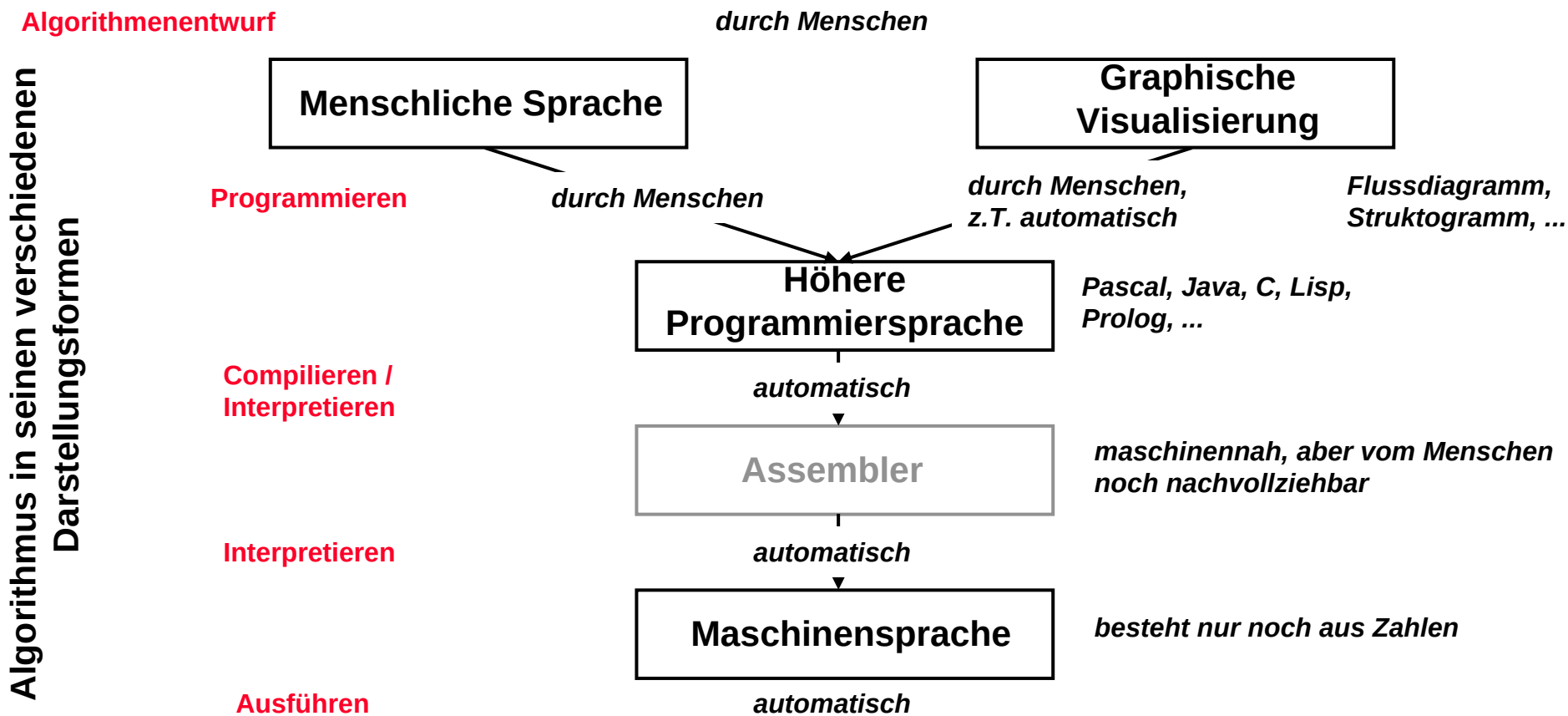
➔ **Das Verifikationsproblem ist nicht automatisierbar!**

Folgerung: Kreativität bei Konstruktion und Verifikation ist unverzichtbar!

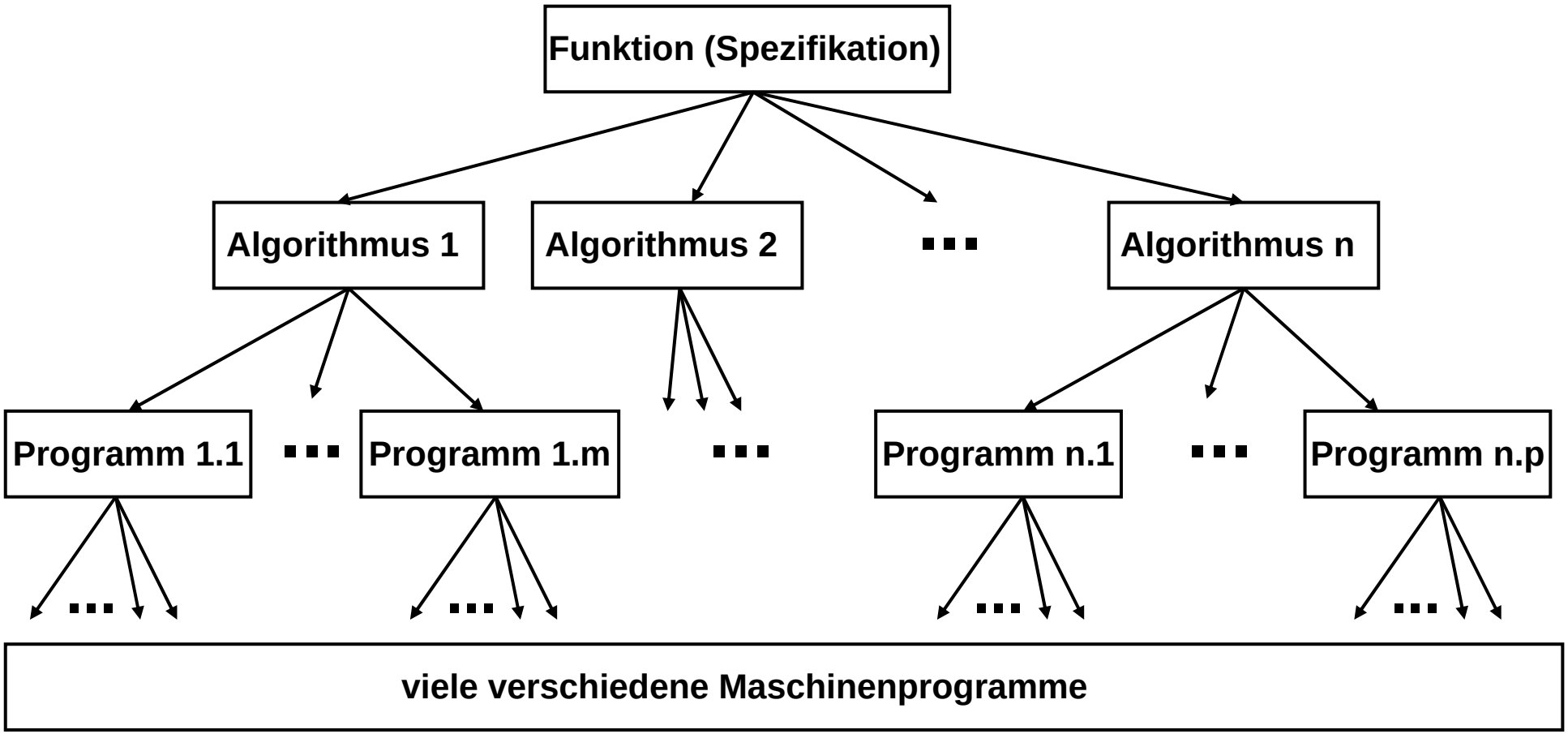
Zusammenhang von Algorithmus und Programm

Ein Algorithmus ist ein Konzept

Ein Programm ist die Formulierung eines Algorithmus in einer dem Computer verständlichen Sprache



Vielfalt der Möglichkeiten zwischen Spezifikation und Ausführung



Warum sollten wir so viele Möglichkeiten betrachten ?

Vielfalt der Möglichkeiten zwischen Spezifikation und Ausführung

1) **Warum sind mehrere Maschinenprogramme für dasselbe Programm sinnvoll ?**

2) **Warum sind mehrere Programme für denselben Algorithmus sinnvoll ?**

3) **Warum sind mehrere Algorithmen für dieselbe Spezifikation sinnvoll ?**

Wie bewertet man die Qualität von Algorithmen ?

- **Verständlichkeit**

nicht sinnvoll:
bewertet nicht das Konzept, sondern die Darstellung und damit das Programm

- **Schnelligkeit der Umsetzbarkeit (Implementierung)**

schon besser, besonders, wenn Entwicklungskosten teuer sind

hängt aber manchmal von der Wahl der Programmiersprache ab

- **Zeit- und Speicherplatzbedarf**

gut, aber wie ?

- **Laufzeitmessung mit Uhr und Speicherverbrauchszähler**

  nicht gut: bewertet das konkrete Programm und auch das nicht einmal objektiv

- **Theoretische Analyse in Abhängigkeit von der Eingabegröße des Problems**

  sehr gut: erfordert aber mathematische Abstraktion

➔ Näheres in höheren Semestern

Bausteine von Algorithmen

<u>Jeder</u> Algorithmus kann aus folgenden Kontrollstrukturen modular aufgebaut werden:

- **Sequenz**
- **Verzweigung**
- **Schleife**

Zum Lösen komplizierterer Probleme benutzt man zur Vereinfachung noch zwei weitere Techniken:

- **Teilalgorithmen (Unterprogramme)**
- **Rekursion**

➔ **Ein Konzept zur Verifizierung muss nur für diese Kontrollstrukturen erstellt werden.**

➔ **Details in Kapitel 3 dieser Vorlesung**

Beispiel für eine Programmverifikation

Gegeben sei folgender Algorithmus:

```
if (x>0) ∨ ((y+x)≤0)
  then
    z := x • y
  else
    z := x / y
```

Behauptung: **Dieser Algorithmus ist für alle x,y ∈ R ausführbar**

Beweis ?

Frage: **Ist der Algorithmus auch korrekt ?**

Ausblick auf die nächsten Vorlesungen

Wir haben im letzten Beispiel gesehen:

➔ **Das Gebiet der Programmverifikation erfordert einen sicheren Umgang mit formalen logischen Schlüssen**

Es gilt allgemein für alle Aspekte der Programmierung:

! **Gute Kenntnisse der Aussagen- und Prädikatenlogik sind unentbehrlich.** !

Daher befassen sich die nächsten Vorlesungen mit dem Thema:

Logik

➔ **Details im folgenden Kapitel 2 dieser Vorlesung**