

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

Programmiersprachenkonzepte (logisch, funktional, imperativ)

Grundlagen der Komplexitätstheorie

kein Lernziel dieser Vorlesung:

Überblick über existierende Programmiersprachen

Erlernen einer konkreten Programmiersprache

Vorlesungsüberblick

Vorlesungsthemen:

1. Einführung
2. Logik
3. Verifikationstechniken
4. Einführung in die Komplexitätstheorie

Inhaltliche Überschneidungen mit anderen Vorlesungen:

Programmieren I, Diskrete Mathematik

Nachfolgeveranstaltung:

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

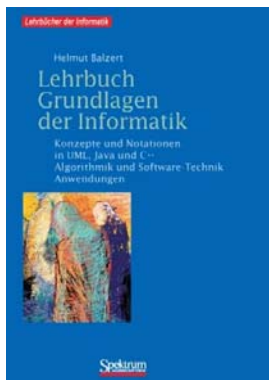
Literatur allgemein zum Kontext



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

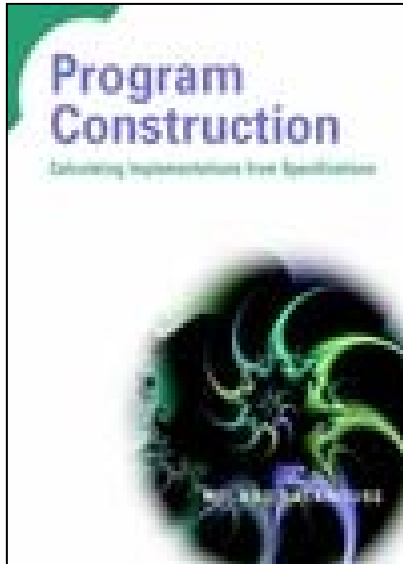


Heinz-Peter Gumm / Manfred Sommer:
Einführung in die Informatik
Oldenbourg 2004 (6. Auflage), ISBN 3-486-27389-2
Oldenbourg 1998 (3. Auflage), ISBN 3-486-24422-1



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,
Band 1: 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

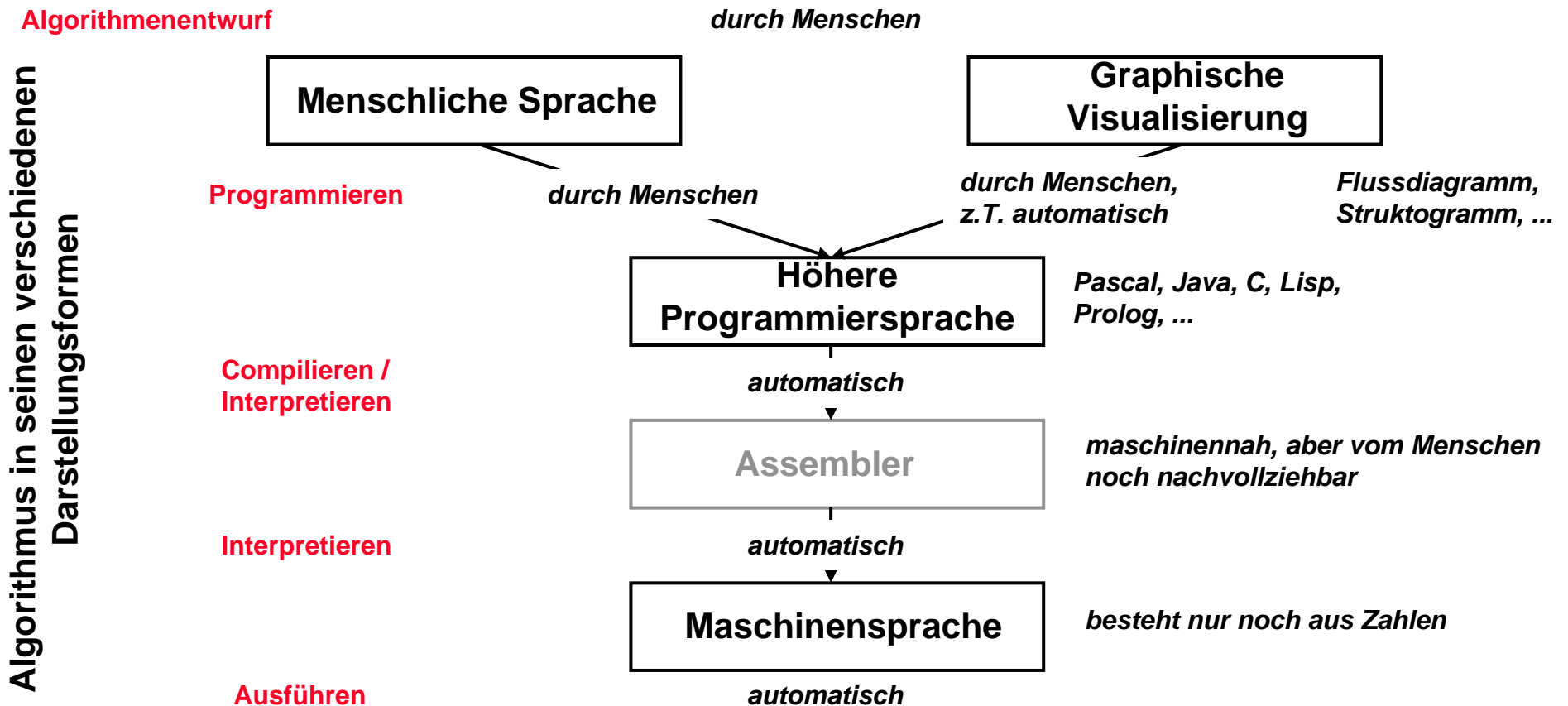
→ Das Verifikationsproblem ist nicht automatisierbar!

Folgerung: Kreativität bei Konstruktion und Verifikation ist unverzichtbar!

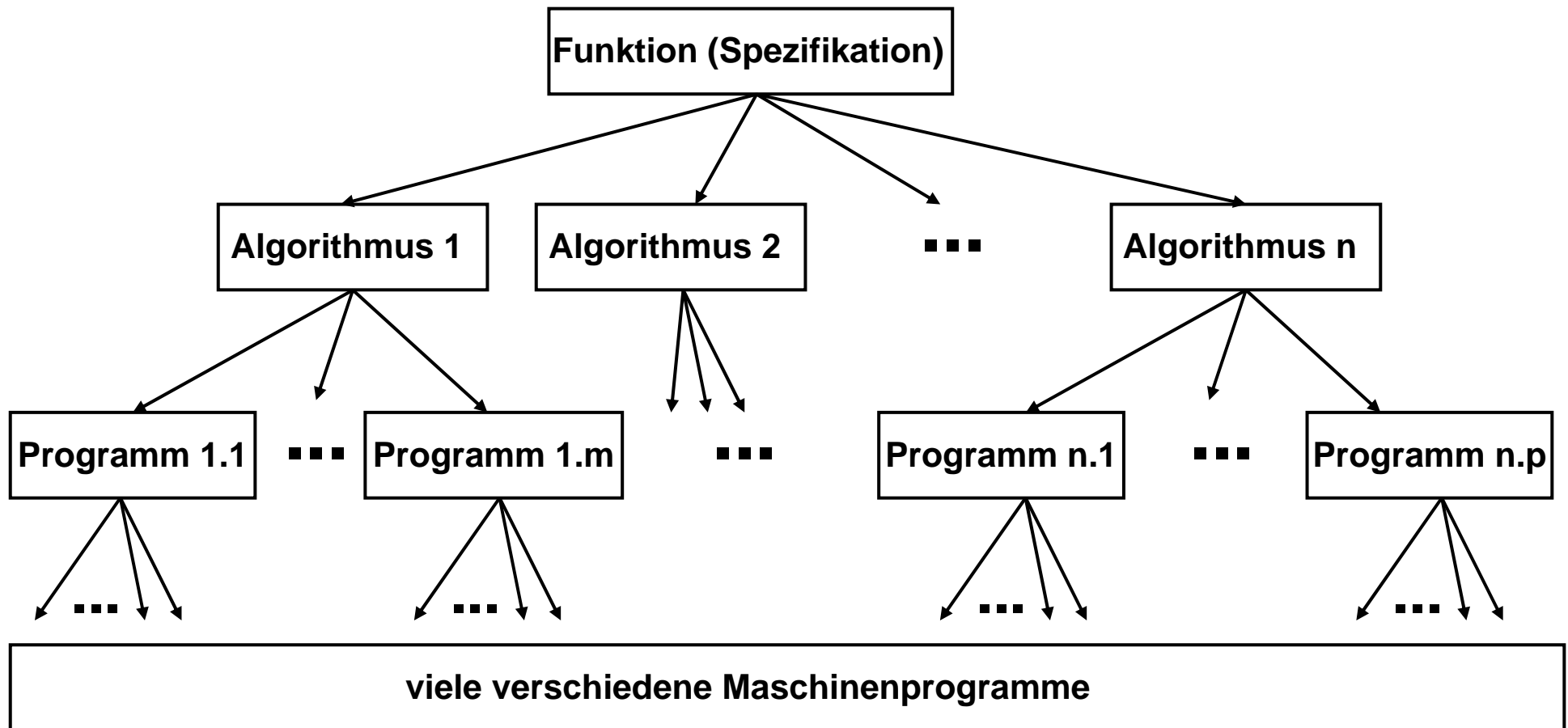
Zusammenhang von Algorithmus und Programm

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 Kapitel 4 dieser Vorlesung

Bausteine von Algorithmen

Jeder 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 $x, y \in \mathbb{R}$ 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