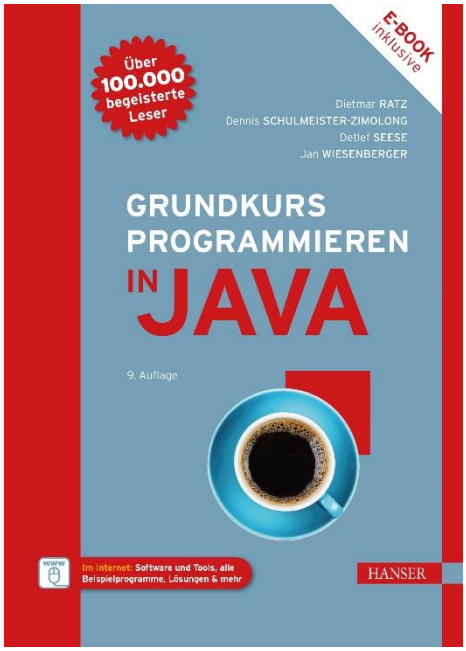
HANSER



Leseprobe

zu

Grundkurs Programmieren in Java

von Dietmar Ratz, Dennis Schulmeister-Zimolong, Detlef Seese und Jan Wiesenberger

Print-ISBN: 978-3-446-48122-0
E-Book-ISBN: 978-3-446-48123-7
E-Pub-ISBN: 978-3-446-48294-4

Weitere Informationen und Bestellungen unter
https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446481220
sowie im Buchhandel

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Unsere moderne Welt mit ihren enormen Informations- und Kommunikationsbedürfnissen wäre ohne Computer und mobile Endgeräte wie Smartphones und deren weltweite Vernetzung undenkbar. Ob wir Einkäufe abwickeln, uns Informationen beschaffen, Reisen buchen, Bankgeschäfte tätigen oder einfach nur Mitteilungen verschicken – wir benutzen diese Techniken wie selbstverständlich. Dienstleistungen, Produkte, die Arbeitswelt und das gesellschaftliche Leben basieren in zunehmendem Maße auf Software, und die Digitalisierung schreitet in allen Bereichen immer weiter voran. Ob als Nutzer, als Auftraggeber oder als Entwickler – Schul- und Hochschulabgänger werden mit Sicherheit an ihrem späteren Arbeitsplatz in irgendeiner Weise mit Software oder gar Softwareentwicklung zu tun haben. Aber auch außerhalb des Berufslebens können alle von Kenntnissen darüber, wie Programme im Allgemeinen oder z. B. Smartphone-Apps im Speziellen arbeiten, nur profitieren. Die Chance, so früh wie möglich zu lernen, wie man unsere digitale Welt mitgestalten kann, sollte jeder wahrnehmen – und Programmieren lernen ist hierfür ein erster Schritt.

Eine qualifizierte Programmiergrundausbildung ist unerlässlich, um an der Gestaltung moderner Informatikanwendungen mitwirken zu können. Leider erscheint vielen das Erlernen einer Programmiersprache zu Beginn einer weitergehenden Informatikausbildung als unüberwindbare Hürde. Die häufig angepriesene Mächtigkeit und Komplexität der mittlerweile gängigen Ausbildungssprache Java schürt bei nicht wenigen Programmieranfängern den Zweifel, jemals in die „Geheimnisse“ des Programmierens eingeweiht zu werden.

Aufgrund unserer langjährigen Erfahrungen aus Lehrveranstaltungen für Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen, in denen in der Regel rund zwei Drittel der Teilnehmer bis zum Kursbeginn noch nicht selbst programmierten, entschlossen wir uns, das vorliegende Buch zu verfassen. Hauptanforderung dabei war die „Verständlichkeit auch für Anfänger“, um Schülerinnen und Schülern, Studentinnen und Studenten, aber auch Hausfrauen und Hausmännern einen leicht verständlichen Grundkurs „Programmieren in Java“ zu vermitteln. Auf theoretischen Ballast oder ein breites Informatikfundament wollten wir bewusst verzichten. Wir hofften, unser Konzept, auch absolute Neulinge behutsam in die Materie einzuführen, überzeugt unsere Leserinnen und Leser. Diese Hoffnung wurde mehr als erfüllt – zahlreiche überaus positive Leserkommentare unterstreichen

dies. So liegt nun bereits die neunte, überarbeitete Auflage vor, in der wir viele konstruktive Umgestaltungsvorschläge von Leserinnen und Lesern berücksichtigt und außerdem jüngste Neuerungen der Sprache Java aufgenommen haben.
Hält man Ausschau nach dem erfolgreichsten aller Bücher, stößt man wohl auf die Bibel. Das Buch der Bücher steht für hohe Auflagen und eine große Leserschaft. In unzählige Sprachen übersetzt, stellt die Bibel den Traum eines jeden Autors dar. Was Sie hier in den Händen halten, hat mit der Bibel natürlich ungefähr so viel zu tun wie eine Weinbergschnecke mit der Formel 1. Zwar ist auch dieses Buch in mehrere Teile untergliedert und stammt aus mehr als einer Feder – mit göttlichen Offenbarungen und Prophezeiungen können wir dennoch nicht aufwarten. Sie finden in diesem Buch auch weder Hebräisch noch Latein. Im schlimmsten Falle treffen Sie auf etwas, das Ihnen trotz unserer guten Vorsätze (zumindest zu Beginn Ihrer Lektüre) wie Fachchinesisch oder böhmische Dörfer vorkommen könnte. Lassen Sie sich davon aber nicht abschrecken – im Glossar im Anhang können Sie „Übersetzungen“ für den Fachjargon jederzeit nachschlagen.
Etlichen Personen, die zur Entstehung dieses Buches beitrugen, wollen wir an dieser Stelle herzlichst danken: An erster Stelle zu erwähnen ist unser langjähriger ehemaliger Co-Autor Jens Scheffler, der zusammen mit seinen damaligen Tutorenkollegen Thomas Much, Michael Ohr und Oliver Wagner viel Schweiß und Mühe in die Erstellung eines ersten Vorlesungsskripts steckte. Eine wichtige Rolle für die „Reifung“ bis zur vorliegenden Buchfassung spielten unsere „Korrektoren“ und „Testleser“. Hagen Buchwald, Michael Decker, Mario Dehner, Tobias Dietrich, Marc Goutier, Rudi Klatte, Niklas Kühl, Roland Küstermann, Jonas Lehner, Joachim Melcher, Cornelia Richter-von Hagen, Sebastian Ratz, Frank Schlottmann, Oliver Schöll, Lukas Struppek, Janna Ulrich, Leonard von Hagen und Lucian von Hagen brachten mit großem Engagement wertvolle Kommentare und Verbesserungsvorschläge ein oder unterstützten uns beim Auf- und Ausbau der Buch-Website, bei der Überarbeitung von Grafiken oder mit der Erstellung von Aufgaben und der Bereitstellung von Tools. Schließlich sind da noch mehrere Studierenden-Jahrgänge der Studiengänge Wirtschaftsingenieurwesen, Wirtschaftsmathematik, Technische Volkswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik, die sich im Rahmen unserer Lehrveranstaltungen „Programmierung I und II“, „Programmierung kommerzieller Systeme“, „Moderne Programmierkonzepte“, „Web-Programmierung“ und „Verteilte Systeme“ mit den zugehörigen Webseiten, Foliensätzen und Übungsblättern „herumgeschlagen“ und uns auf Fehler und Unklarheiten hingewiesen haben. Das insgesamt sehr positive Feedback, auch aus anderen Studiengängen, war und ist Ansporn für uns, diesen Grundkurs Programmieren weiterzuentwickeln. Schließlich geht auch ein Dankeschön an die Leserinnen und Leser, die uns per E-Mail Hinweise und Tipps für die inhaltliche Verbesserung von Buch und Website zukommen ließen.
Zu guter Letzt geht unser Dank an Brigitte Bauer-Schiewek, Kristin Rothe und Irene Weilhart vom Carl Hanser Verlag für die gewohnt gute Zusammenarbeit.

Karlsruhe, Sommer 2024 Die Autoren

Einleitung

Was eint Shakespeare, Goethe, Tolstoi, Fontane und viele mehr? Sie alle haben Weltliteratur hervorgebracht und dabei auch über tragische Liebesbeziehungen geschrieben. Romeo und Julia, Die Leiden des jungen Werthers, Anna Karenina oder Effi Briest sind wohl vielen ein Begriff. Und wer selbst schon einmal unglücklich verliebt war, kann die beschriebenen Geschichten umso besser nachvollziehen. Doch was hat das alles mit diesem Buch zu tun und wie kann es Ihnen in einer solchen Situation helfen? Die traurige Wahrheit ist: Die Gemeinsamkeiten enden beim Wort Buch, und auf schwierige Lebensfragen haben wir leider auch keine Antwort. Auch hilft Ihnen dieses Buch in der Regel nicht, Ihren Schwarm zu beeindrucken oder unliebsamen Wettbewerb loszuwerden. Aber im Ernst: Wozu ist das Buch dann zu gebrauchen? Die folgenden Seiten verraten es Ihnen.

Java – mehr als nur kalter Kaffee?

Seit dem Einzug von Internet und World Wide Web in das öffentliche Leben surfen, mailen und chatten Milliarden von Menschen täglich in der virtuellen Welt. Und seitdem wir mit dem Smartphone auch unterwegs dauerhaft online sein können, ist ein Leben ohne das Internet in vielen Bereichen kaum vorstellbar geworden. Wer nicht mitmacht, gilt als altmodisch oder gar abgehängt. Interessanterweise setzte diese Entwicklung aber nicht erst im letzten Jahrzehnt ein, wie man zunächst denken könnte, sondern schon sehr viel früher, als Anfang der 1990er-Jahre das World Wide Web das Licht der Welt erblickte und selbst so ehrwürdige Organisationen wie Pizza Hut oder der Vatikan auf einmal im Netz der Netze vertreten waren. Oder wussten Sie, dass man bereits seit 1994 Pizza online bestellen kann und 1995 die Webseite des Vatikans online ging?[1]
Im selben Jahr erschien auch Java, das dem damaligen Zeitgeist entsprechend als *Programmiersprache des Internets* vermarktet wurde. Schnell entwickelte sich Java deshalb zu einer der populärsten Programmiersprachen überhaupt, die Jahr für

[1] Zur Sicherheit wollen wir hier allerdings darauf hinweisen, dass das Internet und das World Wide Web zwei unterschiedliche Dinge sind. Das Internet, dessen Ursprünge sich bis ins Jahr 1969 zurückverfolgen lassen, bildet das weltumspannende Netz, über welches so unterschiedliche Dienste wie E-Mail, Video-Streaming oder eben das World Wide Web – also das Betrachten von Webseiten im Browser – bezogen werden können.

Jahr weit oben im TIOBE-Index liegt. Und das, obwohl das Sprachkonzept eigentlich nur wenig Neues bietet. Viel mehr orientierte man sich an der mehr als ein Jahrzehnt älteren Programmiersprache C++, vereinfachte diese so sehr, dass sie auch von weniger geübten Programmierer/-innen genutzt werden konnte, und legte darüber hinaus eine Klassenbibliothek bei, die keine Wünsche offen lässt.
Über die Jahre haben sich Programmiersprache und Klassenbibliothek natürlich gewaltig weiterentwickelt und zu einer vollwertigen Konkurrenz zu den anderen gängigen Sprachen gemausert. Datenbank- oder Netzwerkzugriffe, anspruchsvolle Grafikanwendungen, Spieleprogrammierung – alles ist möglich. Und gerade im heute so aktuellen Bereich „Verteilte Anwendungsentwicklung" bietet Java ein breites Spektrum an Möglichkeiten. Mit wenigen Programmzeilen gelingt es, Anwendungen zu schreiben, die das Internet bzw. das World Wide Web nutzen. Doch auch jede andere Art von Anwendung ist möglich, inklusive ausgefeilter grafischer Benutzungsoberflächen – und das sogar plattformunabhängig für alle gängigen Betriebssysteme.
Dies erklärt das große Interesse, das der Sprache Java seither entgegengebracht wird. Bedenkt man die Anzahl von Buchveröffentlichungen, Zeitschriftenbeiträgen, Webseiten, Foren, Blogs und Social Media Posts zum Thema, so wird der erfolgreiche Weg, den die Sprache Java hinter sich hat, offensichtlich. Aber auch im kommerziellen Bereich ist Java nicht mehr wegzudenken, denn die Produktpalette der meisten großen Softwarehäuser weist mittlerweile eine Java-Schiene auf. Und wer heute auch nur mit einem Smartphone telefoniert, kommt häufig (bewusst oder unbewusst) mit Java in Berührung. Für Sie als Leserin oder Leser dieses Buchs bedeutet das jedenfalls, dass es sicherlich kein Fehler ist, Erfahrung in der Programmierung mit Java zu haben.

Java für Anfänger – das Konzept dieses Buches

Wie schreibt man ein Buch über das Programmieren für absolute Neulinge, wenn man selbst seit vielen Jahren programmiert? Folgende Antwort haben wir darauf gefunden: Das Buch soll die grundlegenden Konzepte der Programmierung sowie die Programmiersprache Java möglichst vollständig und korrekt beschreiben, diese aber leicht verständlich vermitteln. Maßstab für die Qualität des Buches ist deshalb, dass es sich optimal zum Selbststudium sowie als Begleitmaterial für Vorlesungen im Bachelor-Studium einsetzen lässt, ohne Vorkenntnisse in den Bereichen Programmieren, Programmiersprachen oder Informatik vorauszusetzen. Vor allem unsere langjährige Erfahrung in der studentischen Programmierausbildung in einführenden und weiterführenden Kursen des Instituts AIFB[2] am KIT[3] sowie des Zentrums für Wirtschaftsinformatik an der DHBW[4] Karlsruhe sollen Ihnen hier zu Gute kommen.

[2] Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren
[3] Karlsruher Institut für Technologie
[4] Duale Hochschule Baden-Württemberg

Beispielsweise gibt es gewisse Erfahrungswerte darüber, welche Themen gerade Neulingen besondere Probleme bereiteten. Daher rührt der Entschluss, nicht sofort in fortgeschrittene Themen wie die für Java so charakteristische objektorientierte Programmierung einzusteigen, sondern erst einen grundlegenden Wortschatz zu erarbeiten und ein Verständnis dafür zu entwickeln, wie sich Programmieren in Java „anfühlt“. Vergleichen Sie das mit dem Erlernen einer gesprochenen Sprache wie zum Beispiel Spanisch. Auch hier muss man anhand vieler praktischer Beispiele zunächst die Sprache kennenlernen und durch regelmäßige Übung festigen. Dadurch entsteht eine gewisse Routine und Intuition, die es dann auch ermöglicht, tiefer in die Regeln guten Schreibstils oder die Besonderheiten der spanischen Lyrik einzusteigen.
Im ersten Teil des Buches geht es daher überwiegend darum, zunächst einmal die grundlegenden Konzepte der Programmierung zu verinnerlichen und ganz allgemein „algorithmisches Denken“ zu lernen. Die darauffolgenden Teile II bis VI bauen dann darauf auf und führen Sie immer mehr in fortgeschrittene Themen wie Objektorientierung, funktionale Programmierung oder die Entwicklung grafischer Oberflächen ein. Alle Kapitel sind hierfür mit Übungsaufgaben ausgestattet, die Sie zum besseren Verständnis bearbeiten sollten. Denn: *Man lernt eine Sprache nur, indem man sie spricht!*
Selbstredend können und wollen wir nicht auf jedes noch so kleine Detail eingehen, auch wenn Sie sicher feststellen werden, dass wir die Themen alles andere als oberflächlich behandeln. Wir möchten Sie daher bereits an dieser Stelle dazu ermutigen, regelmäßig einen Blick in die sogenannte API-Spezifikation[5] der Klassenbibliothek [42] zu werfen und sich auch mit anderen Informationsquellen im Internet vertraut zu machen – nicht zuletzt, weil wir im „Programmieralltag“ von einem routinierten Umgang mit diesen Werkzeugen nur profitieren können. Eine kleine Starthilfe hierzu bietet das Kapitel in Anhang B.

Zusatzmaterial und Kontakt zu den Autoren

Alle Leserinnen und Leser sind herzlich eingeladen, die Autoren über Fehler und Unklarheiten zu informieren. Wenn eine Passage unverständlich war, sollte sie zur Zufriedenheit künftiger Leserinnen und Leser anders formuliert werden. Wenn Sie in dieser Hinsicht also Fehlermeldungen, Anregungen oder Fragen haben, können Sie über unsere Website

`http://www.grundkurs-java.de/`

Kontakt mit den Autoren aufnehmen. Dort finden Sie auch alle Beispielprogramme aus dem Buch, Lösungshinweise zu den Übungsaufgaben und ergänzende Materialien zum Download sowie Literaturhinweise, eine Liste eventueller Feh-

[5] API steht für Application Programming Interface, die Programmierschnittstelle für eine Klasse, ein Paket oder eine ganze Klassenbibliothek.

ler im Buch und deren Korrekturen. Dozentinnen und Dozenten, die das Material dieses Buchs oder sogar Teile unserer Vorlesungsfolien für eigene Vorlesungen nutzen möchten, sollten sich mit uns in Verbindung setzen.
Im Literaturverzeichnis haben wir sowohl Bücher als auch Internet-Links angegeben, die aus unserer Sicht als weiterführende Literatur geeignet sind und neben Java im Speziellen auch einige weitere Themenbereiche wie zum Beispiel Informatik, Algorithmen, Nachschlagewerke, Softwaretechnik, Objektorientierung und Modellierung einbeziehen.

Verwendete Schreibweisen

Wir verwenden *Kursivschrift* zur Betonung bestimmter Wörter und **Fettschrift** zur Kennzeichnung von Begriffen, die im entsprechenden Abschnitt erstmals auftauchen und definiert bzw. erklärt werden. Im laufenden Text wird `Maschinenschrift` für Bezeichner verwendet, die in Java vordefiniert sind oder in Programmbeispielen eingeführt und benutzt werden, während reservierte Wörter (Schlüsselwörter, Wortsymbole), die in Java eine vordefinierte, unveränderbar festgelegte Bedeutung haben, in **`fetter Maschinenschrift`** gesetzt sind. Beide Schriften kommen auch in den vom Text abgesetzten Listings und Bildschirmausgaben von Programmen zum Einsatz. Java-Programme sind teilweise ohne und teilweise mit führenden Zeilennummern abgedruckt. Solche Zeilennummern sind dabei lediglich als Orientierungshilfe gedacht und natürlich *kein* Bestandteil des Java-Programms.
Literaturverweise auf Bücher und Web-Links werden stets in der Form [*nr*] mit der Nummer *nr* des entsprechenden Eintrags im Literaturverzeichnis angegeben. Im Stichwortverzeichnis verweisen fettgedruckte Seitenzahlen auf die Stellen im Buch, an denen die jeweiligen Begriffe eingeführt bzw. definiert werden.

Über die Autoren

- *Prof. Dr. Dietmar Ratz* ist Studiengangsleiter Wirtschaftsinformatik an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Karlsruhe und lehrt auch am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- *Dipl.-Wirtsch.-Inf. (DH) Dennis Schulmeister-Zimolong* arbeitet als akademischer Mitarbeiter an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Karlsruhe sowie als Produktmanager bei der SOA People AG, Karlsruhe.
- *Prof. Dr. Detlef Seese* ist ehemaliger Professor für Angewandte Informatik am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).
- *Dipl.-Wi.-Ing. Jan Wiesenberger* ist geschäftsführender Vorstand des FZI Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe und Hauptgesellschafter des IT-Dienstleisters m+ps.

Kapitel 2

Aller Anfang ist schwer

Diese sprichwörtliche Feststellung gilt naturgemäß auch für das Erlernen einer Programmiersprache. Die Ursache dieser Anlaufschwierigkeiten liegt möglicherweise darin, dass selbst eine noch so einfach gehaltene Einführung ins Programmieren stets ein gewisses Mindestmaß an Formalismus benötigt, um bestimmte Sachverhalte korrekt wiederzugeben. Einsteiger werden dadurch leicht abgeschreckt und benötigen einige Zeit, um das Ganze zu verdauen. Aber keine Bange: So manche Hürde ist einfacher zu nehmen, als es zunächst den Anschein hat. Sollten Sie also das eine oder andere Detail in unserem ersten Beispiel nicht auf Anhieb verstehen, ist das kein Grund zur Besorgnis. Wir gehen in den folgenden Kapiteln auf jeden der hier beschriebenen Punkte nochmals näher ein. Doch zunächst wollen wir erst einmal die Werkzeuge installieren, die wir zum Programmieren benötigen.

2.1 Installation der Entwicklungswerkzeuge

2.1.1 Rundum sorglos mit Eclipse

In Kapitel 1.3 haben wir schon einen kurzen Blick auf die wichtigsten Werkzeuge für die Programmierung in Java geworfen und dabei gesehen, dass je nach persönlicher Vorliebe zwei Varianten in Frage kommen: Die Nutzung eines einfachen Texteditors zusammen mit dem Java Development Kit oder die Verwendung einer integrierten Entwicklungsumgebung wie Eclipse. Vergleichbar in der physischen Welt mit einem Ausritt zu Pferd, wobei hier vor allem der direkte Kontakt zum Tier im Vordergrund steht,[1] oder einer Fahrt mit der gepolsterten Pferdekutsche zugunsten einer komfortableren Reise.

[1] Anders als beim Java-Compiler handelt es sich bei einem Pferd bekanntlich um ein fühlendes Wesen, auf das man sich aktiv einlassen muss, weshalb sich Mensch und Tier erst aneinander gewöhnen müssen. Letzteres ist bei Java sicher ähnlich, obwohl Programmierneulinge den Java-Compiler zuweilen eher mit einem störrischen Esel als mit einem eleganten Pferd vergleichen würden.

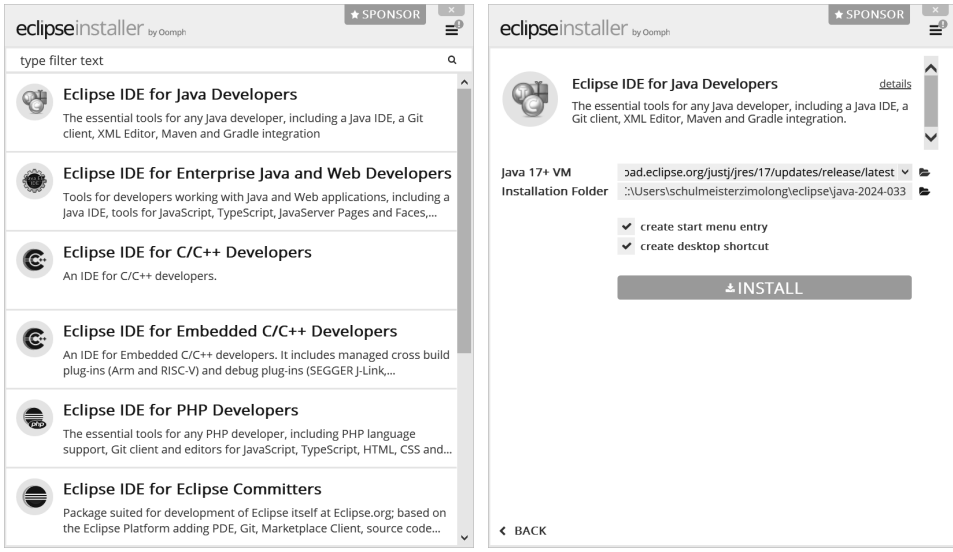


Abbildung 2.1: Die ersten beiden Schritte während der Installation von Eclipse

Innerhalb der Java-Community geht die Tendenz mehr in Richtung der Entwicklungsumgebungen, wobei Programmierneulinge und Profis gleichermaßen deren Vorzüge zu schätzen wissen. Im Fall von Eclipse kommt allerdings noch ein Vorteil hinzu: Kauft man die Kutsche, ist das Pferd im Preis inbegriffen. Das Installationsprogramm installiert bei Bedarf auch gleich das Java Development Kit, sodass neben Eclipse keine weiteren Programme heruntergeladen und eingerichtet werden müssen. Sie müssen lediglich von der Webseite [30] das Installationsprogramm herunterladen und darin folgende Punkte auswählen:

- **Zu installierende Variante:** *Eclipse IDE for Java Developers*
- **Im zweiten Schritt:** Bei *Java VM* die neuste Version auswählen

Daraufhin lädt das Programm alle weiteren benötigten Pakete aus dem Internet und installiert diese auf dem eigenen Rechner. Nach ein paar Minuten und den wirklich immer auftretenden Hinweisen, dass die Installation gerade wesentlich langsamer als üblich laufe, lässt sich Eclipse auch schon starten, sodass Sie direkt loslegen können.
Innerhalb von Eclipse müssen Sie, wie in jeder integrierten Entwicklungsumgebung, erst ein Projekt anlegen, bevor Sie anfangen können zu programmieren.[2] Hierfür klicken Sie einfach auf *File* → *New* → *Java Project* und achten darauf, im daraufhin erscheinenden Fenster folgende Werte korrekt zu setzen:

[2] Bei größeren Entwicklungen empfiehlt es sich, für jedes Programm ein eigenes Projekt anzulegen. Für die Übungsaufgaben im Buch ist es jedoch einfacher, alles in einem Projekt zu sammeln.

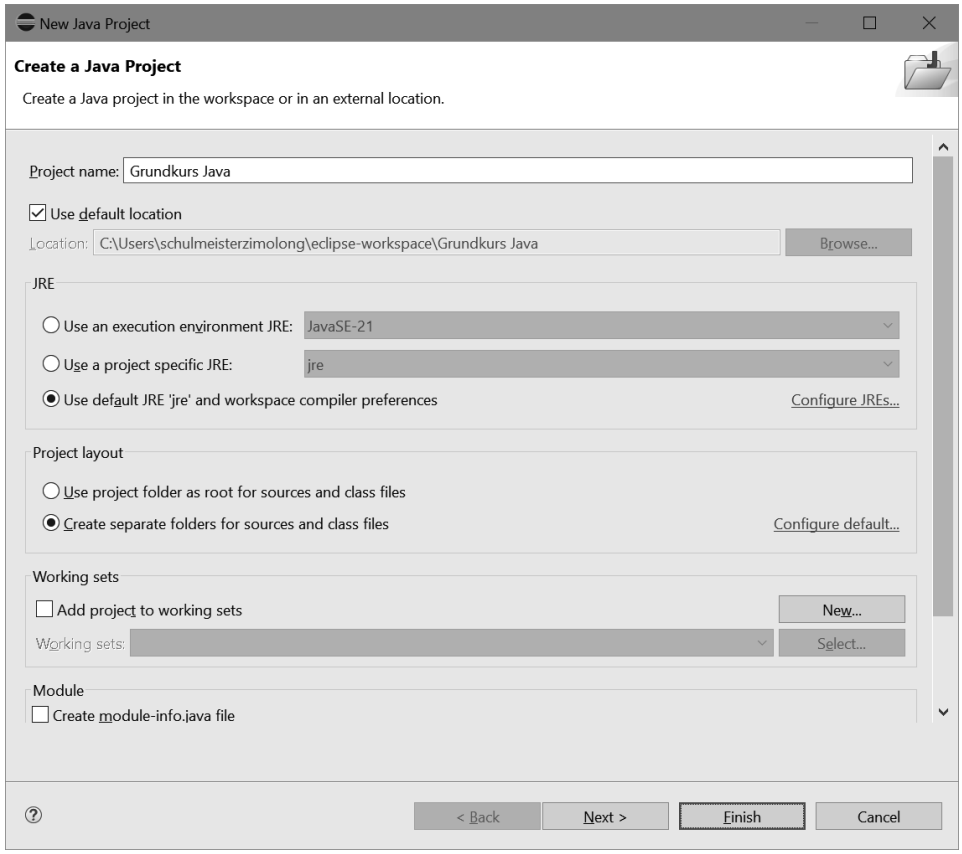


Abbildung 2.2: Anlegen eines neuen Java-Projekts in Eclipse

- **Project name:** Ein beliebiger, sprechender Name wie `Grundkurs Java`
- **JRE:** Hier die dritte Option *Use default JRE and workspace compiler preferences* auswählen, sofern Sie kein separates JDK installiert haben. Andernfalls lassen sich die Quellcodes später nicht compilieren, und Eclipse kennzeichnet viele Stellen im Quellcode als Fehler, die gar keine sind.
- **Module:** Die Checkbox unten bei *Create module-info.java file* sollte nicht gesetzt sein. Denn sonst müssen Sie sich erst mit Paketen und Modulen (vgl. Kapitel 8.8.1 und 20.2) auseinandersetzen. Gerade am Anfang ist das eher hinderlich.

Insgesamt sollte das Fenster wie in Abbildung 2.2 gezeigt aussehen. Anschließend können Sie mit *File* → *New* → *Class* neue Quellcodedateien anlegen.[3]

[3] Stören Sie sich hier nicht daran, dass Sie eine neue „Klasse“ anlegen müssen, wenn Sie in Wirklichkeit nur eine Quelldatei benötigen. Wie wir bald sehen werden, beinhaltet in Java jede `.java`-Datei eine sogenannte Klasse mit demselben Namen wie die Datei (ohne Endung).

An vielen Stellen verwenden wir darüber hinaus die in Anhang C beschriebene Klasse `IOTools`, um Tastatureingaben einfacher programmieren zu können. Diese sollten Sie daher gleich von Anfang an dem Eclipse-Projekt hinzufügen, indem Sie sich von unserer Webseite [46] die unter *Tools und Anleitungen* bereitgestellte ZIP-Datei herunterladen und ihre Inhalte, wie auf der Webseite ausführlich beschrieben, in das `src`-Verzeichnis des Projekts hinein kopieren.

2.1.2 Traditionelle JDK-Installation

Falls Sie die direkte Verwendung des Java-Compilers und Interpreters innerhalb der Kommandozeile einer großen IDE vorziehen, lässt sich dies ebenfalls leicht bewerkstelligen. Laden Sie einfach auf der Oracle-Webseite [45] eines der verfügbaren Installationspakete („Installer“) herunter und führen Sie dieses aus. Alternativ können Sie sich von der OpenJDK-Webseite [40] eine um alle nicht-quelloffenen Komponenten bereinigte Version des Java Development Kit herunterladen und diese in einem beliebigen Verzeichnis auf Ihrem Rechner entpacken. Allerdings müssen Sie dann dafür Sorge tragen, dass die `PATH`-Umgebungsvariable des Betriebssystems um das `bin`-Unterverzeichnis des JDKs ergänzt wird. Denn sonst können Sie die beiden Programme `javac` und `java` hinterher gar nicht ausführen, weil sie von der Kommandozeile schlichtweg nicht gefunden werden. Zum Test, ob die Installation vollständig funktioniert hat, öffnen Sie daher bitte ein neues Konsolenfenster[4] und geben dort das Kommando `java -version` ein. Daraufhin sollte folgende Meldung mit der verwendeten Java-Version erscheinen:

Konsole

```
openjdk version "22" 2024-03-19
```

Der Befehl `javac -version` sollte ebenfalls die aktuelle Java-Version zeigen. Die angezeigte Version kann in beiden Fällen bei Ihnen daher auch neuer sein.

Konsole

```
javac 22
```

Haben Sie dies geschafft, sollten Sie ein neues Verzeichnis für die Beispiele und Übungen des Buchs anlegen und darin auch die Klasse `IOTools` von unserer Webseite [46] aufnehmen. Die Verzeichnisstruktur sollte insgesamt so aussehen, wobei Sie das Hauptverzeichnis auch anderes benennen können:

Grundkurs Java ..... Verzeichnis für die Übungen und Beispiele
- **Prog1Tools** ..... Paket `Prog1Tools` aus der ZIP-Datei
  - `IOTools.java` ..... Klasse `IOTools` aus der ZIP-Datei
- `IOToolsDemo.java` ..... Klasse `IOToolsDemo` aus der ZIP-Datei
- Eigene Quellcodedateien

Jetzt benötigen Sie lediglich noch einen guten Texteditor, der zumindest rudimentäre Funktionen wie Syntax Highlighting bietet, und schon kann es losgehen.

[4] Zum Beispiel unter Windows, indem Sie im Startmenü nach „Eingabeaufforderung“ suchen.

2.2 Mein erstes Programm

Wenn man an praktische Anwendungen von Computern denkt, fallen einem sicher zuerst einfache Berechnungen ein. Na ja, oder eben nicht. Vielleicht haben Sie eher an Spiele gedacht, was durchaus okay wäre. Denn natürlich gibt es auch in Java programmierte Spiele wie z. B. Minecraft oder nahezu alle Spiele für die allgegenwärtigen Android-Geräte. Als Einstiegsbeispiel wäre das aber doch zu groß dimensioniert. Anfangen wollen wir deshalb mit etwas viel Einfacherem: Einem Programm, das drei plus vier rechnet und auf dem Bildschirm ausgibt:[5]

```
1 public class Berechnung {
2   public static void main(String[] args) {
3     int i;
4     i = 3 + 4;
5     System.out.println(i);
6   }
7 }
```

Sicher werden Sie jetzt denken, dass das für so eine einfache Aufgabe ganz schön viel Quellcode ist. Und tatsächlich haben Sie Recht, da eigentlich nur die Zeilen drei bis fünf, die man obendrein auch noch zu einer Zeile zusammenfassen könnte, für das eigentliche Problem relevant sind. Anhand dieser Version können wir aber einige Dinge zeigen, die wir später immer wieder benötigen werden. Bevor wir uns diese gleich näher anschauen, nehmen Sie sich daher die Zeit und schreiben den Quellcode ab. Zunächst wollen wir das Programm tatsächlich laufen lassen, bevor wir es weiter analysieren. Die erste Übungsaufgabe haben Sie damit auch gleich bearbeitet. Wie praktisch!

2.2.1 Quellcode eingeben, übersetzen und ausführen

Gleich am Anfang stellen sich schon die ersten Fragen: Wie legt man überhaupt eine neue Quellcodedatei an und welchen Namen soll sie haben? Wäre dies ein Buch für irgendeine andere Programmiersprache, hieße die Antwort oft, dass Sie den Dateinamen lediglich selbst verstehen müssen. In Java gibt es hingegen eine feste Regel, die verlangt, dass die Datei exakt den Namen `Berechnung.java` tragen muss. Denn der Name einer Quellcodedatei muss immer dem Namen der darin enthaltenen Klasse entsprechen, womit die Zeile, die mit **`public class`** beginnt, gemeint ist.
In Eclipse klicken Sie hierfür im *Package Explorer* am linken Bildschirmrand mit der rechten Maustaste auf das `src`-Verzeichnis und wählen den Menüpunkt *New → Class* aus. Daraufhin öffnet sich das in Abbildung 2.3 gezeigte Fenster, wo Sie nichts weiter tun müssen, als bei *Name* den Wert `Berechnung` einzutragen und auf *Finish* zu klicken. Falls Sie dabei die Warnung stört, dass die Nutzung des **default-Pakets** (englisch: **default package**) vermieden werden sollte, ignorieren Sie diese einfach. Sie wird uns noch bis Kapitel 8.8.1 begleiten.

[5] Wie könnten wir nur weiter von einem tollen neuen Spiel entfernt sein?

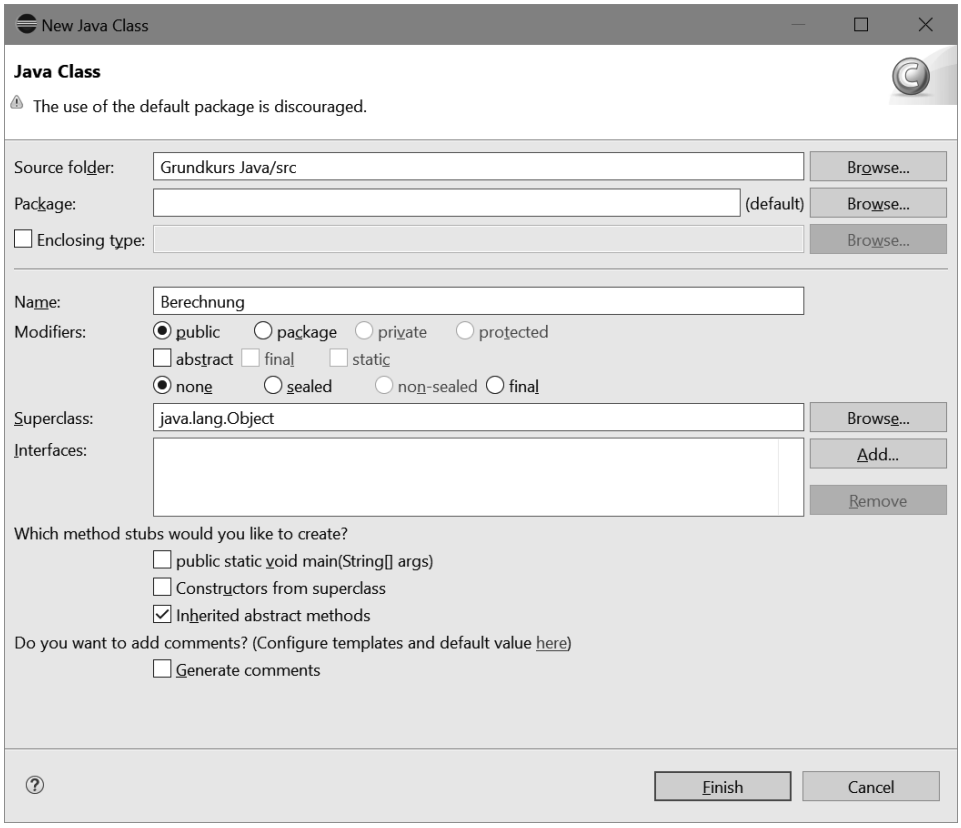


Abbildung 2.3: Anlegen einer Klasse in Eclipse

Arbeiten Sie stattdessen auf der Kommandozeile, legen Sie eine Textdatei mit den Namen `Berechnung.java` an. Beachten Sie allerdings, dass Windows gerne ein unsichtbares `.txt` an den Dateinamen anhängt, das wir nicht gebrauchen können. Um dies zu vermeiden müssen Sie die Dateiendungen im Windows Explorer sichtbar machen, was in jeder Windows-Version leider unterschiedlich erfolgt.
Nun können Sie den Quellcode abschreiben. Viel schiefgehen kann dabei nicht, auch wenn die vielen Sonderzeichen sicher etwas gewöhnungsbedürftig sind. Haben wir hier doch gleich das volle Programm (im wahrsten Sinne des Wortes) mit Semikolon, runden Klammern, eckigen Klammern und geschweiften Klammern. Ein Trick, der sich im Alltag daher bewährt hat, ist, nach einer öffnenden Klammer immer gleich die schließende Klammer zu schreiben, wenn sie vom Editor nicht ohnehin automatisch eingefügt wird, um dann den benötigten Inhalt dazwischen zu schreiben. Dann sollten zumindest die Klammern keine großen Probleme machen. Besonders praktisch dabei ist, dass viele Codeeditoren die jeweils andere Klammer optisch hervorheben, wenn der Cursor auf einer Klammer steht,

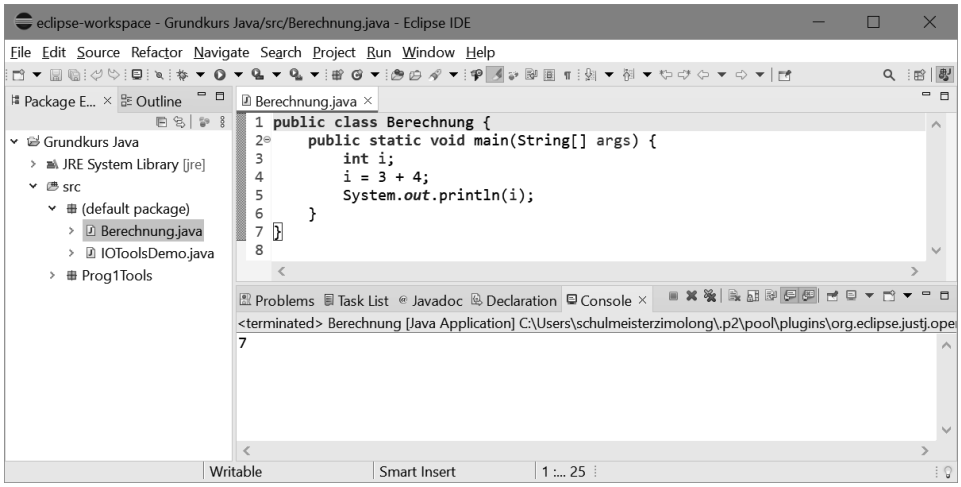


Abbildung 2.4: Quellcode und Konsolenausgabe in Eclipse

oder die Klammerpaare zur besseren Unterscheidung unterschiedlich einfärben. Achten Sie auf solche Details, die bei der Vermeidung von Eingabefehlern helfen sollen, wobei hierzu auch konsistente Einrückungen gehören. Bei näherer Betrachtung werden Sie nämlich feststellen, dass zwischen den Klammern stehende, mehrzeilige Abschnitte immer um eine feste Breite eingerückt sind, wofür Sie sowohl das Tabulator-Zeichen als auch normale Leerzeichen verwenden können.[6] Anders als die Klammern werden Zeilenumbrüche und Einrückungen zwar vom Compiler ignoriert, sie helfen aber ebenfalls, Eingabefehler früh zu erkennen und den Code leichter nachvollziehen zu können.

Im letzten Schritt muss der Quellcode nur noch übersetzt und ausgeführt werden. Eclipse-Anwender/-innen haben es hier wie immer einfacher. Denn tatsächlich genügt ein einfacher Klick auf den Button mit dem weißen Dreieck (▷) im grünen Kreis,[7] um beide Schritte auf einmal auszuführen. Das Ergebnis sollte dementsprechend wie in Abbildung 2.4 aussehen. Konsolen-Nerds haben dafür mehr Spaß, müssen sie doch erst in das richtige Verzeichnis wechseln[8] und dann die beiden Befehle `javac Berechnung.java` zum Compilieren sowie `java Berechnung` zum Ausführen des Programms eingeben. Am Ende muss natürlich dasselbe Ergebnis wie in Eclipse erscheinen.

---

[6] Drücken Sie zum Einrücken einfach immer die Tabulator-Taste. Je nach Einstellung fügt der Editor dann entweder ein Tabulator-Zeichen oder mehrere Leerzeichen ein.

[7] Profis erkennen hier natürlich das Play-Symbol, das für die Ausführung des Programms steht.

[8] Tipp: Unter Windows können Sie im Explorer `cmd` in das Adressfeld schreiben und `ENTER` drücken, um das aktuelle Verzeichnis in einem neuen Konsolenfenster zu öffnen. Andernfalls müssen Sie sich mit dem `cd`-Befehl so lange durchhangeln, bis vor dem Cursor der richtige Verzeichnisname steht.

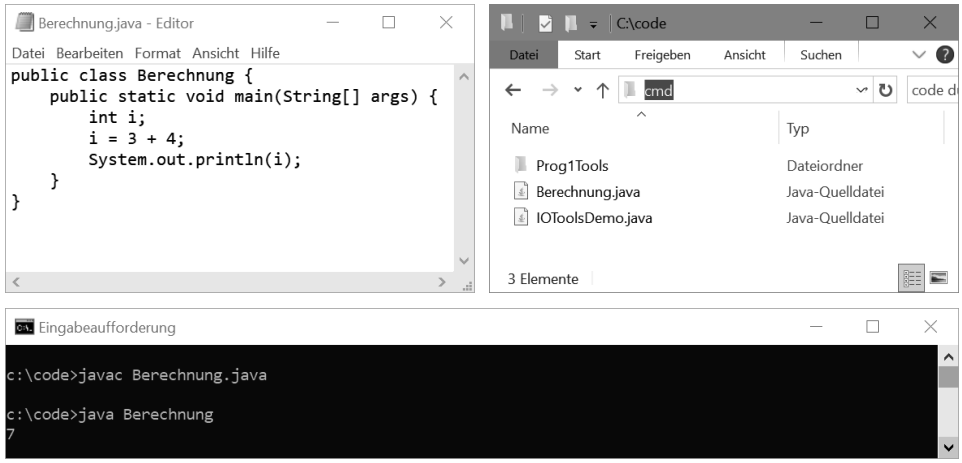


Abbildung 2.5: Eingabe, Übersetzung und Ausführung mit dem JDK im Konsolenfenster

2.2.2 Das Programmgerüst

Nach diesem ersten Erfolgserlebnis wollen wir natürlich verstehen, wie unser kleines Programm funktioniert. Fangen wir damit an, warum dafür überhaupt so viele Zeilen erforderlich sind. Zwar wurde schon gesagt, dass sich die Zeilen drei bis fünf mit der Berechnung und Bildschirmausgabe auch zu einer Zeile hätten zusammenfassen lassen. Dann bleiben aber immer noch vier Zeilen, die zwar einen festen Aufbau zu haben scheinen, deren Sinn sich jedoch nicht so recht erschließt. Am besten merken Sie sich einfach, dass es sich dabei um das Grundgerüst handelt, das jedes Java-Programm besitzt. Es sind sozusagen vier Zeilen, die jedes Programm umrahmen, wobei wir dazwischen die eigentlichen Befehle für den Computer notieren.[9]

```
public class Berechnung {
  public static void main(String[] args) {
    // Hier gehören die auszuführenden Befehle hin
  }
}
```

Wollen wir diese Zeilen genauer verstehen, fangen wir am besten bei den geschweiften Klammern an. Dazu ist es wichtig zu wissen, dass Java zur Strukturierung sogenannte **Blöcke** vorsieht, die immer von geschweiften Klammern umschlossen werden. Somit können wir zwei ineinander geschachtelte Blöcke ausmachen:

1. **Die Klasse:** Sie wird durch die Wörter `public class Berechnung` definiert und bildet den äußeren Rahmen des Programms. Ihr Name kann tat-

[9] Stellen Sie sich das ähnlich wie bei einem Märchen vor, das ja auch oft mit „Es war einmal ...“ beginnt und mit „... und wenn sie nicht gestorben sind, dann leben sie noch heute“ endet. Oder, aus Laiensicht wohl zutreffender, wie ein Zauberspruch der Form „Abrakadabra ... Simsalabim“.

sächlich frei gewählt werden, sollte aber den Java-Konventionen entsprechend jedes Wort mit einem Großbuchstaben beginnen lassen. Später werden wir sehen, dass Java-Programme üblicherweise aus einer Vielzahl von Klassen bestehen. Im Moment können wir die Klasse aber einfach mit dem Programm selbst gleichsetzen.

2. **Die Hauptmethode:** Klassen sind zwar eine wichtige Einheit, in die ein Java-Programm zerlegt werden kann. Um aber wirklich etwas Sinnvolles tun zu können, benötigen sie in der Regel mindestens eine sogenannte Methode, in der die Anweisungen zur Ausführung eines Algorithmus stehen. Diese wird hier durch `public static void main(String[] args)` deklariert, wobei die Schreibweise signalisiert, dass genau diese Methode den Start des Programms markiert und somit immer zuerst ausgeführt werden muss. Sie wird deshalb Hauptmethode oder **main-Methode** genannt.

Die Schreibweise für beides ist aufgrund der vielen **Schlüsselwörter** wie **`public`**, **`static`** oder **`void`** etwas ausschweifend. Natürlich werden wir die Bedeutung davon später noch erklären. Anfangs müssen wir uns aber leider damit zufriedengeben, die Schreibweise einfach auswendig zu lernen.

2.2.3 Verwendung von Variablen

Kommen wir an dieser Stelle nun endlich zu den drei Zeilen mit der eigentlichen Berechnung und Bildschirmausgabe

```
int i;
i = 3 + 4;
System.out.println(i);
```

und schauen uns hier insbesondere die erste Zeile genauer an. Sie lautet kurz und knapp `int i;`, was eine **Variablendeklaration** genannt wird. Hierbei handelt es sich wie bei den anderen beiden Zeilen um eine **Anweisung**, weshalb die Zeile mit einem Semikolon abgeschlossen werden muss. Der Zweck dieser Anweisung ist, eine Variable mit dem zugegeben etwas kurzen Namen `i` zu definieren, um einen Bereich im Hauptspeicher zu reservieren, der später das Ergebnis der Berechnung aufnehmen kann.
Das Schlüsselwort **`int`** besagt dabei, dass es sich um eine ganzzahlige (englisch: integer) Variable handelt, die Zahlen im Bereich von ca. $\pm 2,1$ Milliarden umfasst. Später werden wir noch viele weitere Datentypen kennenlernen, u. a. für kleinere oder auch größere Zahlenbereiche. **`int`** ist jedoch oft eine gute Wahl.

2.2.4 Formeln, Ausdrücke, Zuweisungen

Die nächste Zeile beinhaltet die Berechnung des gewünschten Ergebnisses:

```
i = 3 + 4;
```

Ein wenig mathematisches Grundverständnis vorausgesetzt, sollte diese Zeile nicht allzu schwer zu verstehen sein. Das Semikolon verrät uns allerdings, dass

es sich auch hier um eine Anweisung handelt, die vielleicht doch einen zweiten Blick wert ist. Denn insbesondere das Gleichheitszeichen bedeutet möglicherweise etwas anderes, als Sie vermuten. Es handelt sich hierbei nämlich nicht um ein mathematisches Gleichheitszeichen, das eine formale Gleichheit ausdrückt, sondern um eine **Zuweisung**. Diese liest sich wie folgt:

1. Berechne das Ergebnis des Ausdrucks `3 + 4`.
2. Lege das Ergebnis in der Variable `i` ab.

Das ist vor allem deshalb wichtig, weil wir hier keinen mathematischen Term haben, den wir umstellen können. Folgende Zeilen sind daher zwar mathematisch korrekt, für den Compiler aber dennoch falsch:

```
i - 3 = 4;
i - 3 - 4 = 0;
3 + 4 = i;
```

Sie alle verletzten die Regeln für Zuweisungen, die vereinfacht gesagt lauten:

- Ein einzelnes Gleichheitszeichen steht immer für eine Zuweisung.
- Links vom Gleichheitszeichen muss eine Variable stehen.
- Rechts vom Gleichheitszeichen muss ein **Ausdruck** stehen.
- Ein Ausdruck führt zur Laufzeit immer zu einem eindeutigen Ergebnis.
- Das Ergebnis des Ausdrucks wird in der Speicherzelle der Variable abgelegt.

Daraus folgt, dass mathematische Formeln gültige Ausdrücke sind und daher von Java ausgewertet und berechnet werden können. Dies ist kaum verwunderlich, wenn man bedenkt, dass sich die Informatik als eigenständige Disziplin aus der Mathematik herausgebildet hat.

2.2.5 „Auf den Schirm!“

Mit diesem Vorwissen dürfte die dritte Zeile nun kein allzu großes Problem sein:

```
System.out.println(i);
```

Wir erkennen wieder das Semikolon, das auch diese Zeile als Anweisung kenntlich macht, sowie den Ausdruck `i`, der den zuvor in der gleichnamigen Variable abgelegten Wert als Ergebnis liefert. Der allgemeinen Logik nach muss `System.out.println()` demnach eine Anweisung sein, die in ihren runden Klammern einen Ausdruck erwartet und dessen Ergebnis anzeigt:

Konsole

```
7
```

Super, alles richtig! Doch um was für einen Ausdruck handelt es sich dabei genau? Und warum wird er genau so und nicht irgendwie anders geschrieben? Wie wir

später noch sehen werden, stehen die runden Klammern hinter einem Bezeichner[10] für einen **Methodenaufruf**, was bedeutet, dass hier an eine andere Stelle im Programm abgesprungen und zunächst diese ausgeführt wird, bevor das Programm an der Stelle nach dem Methodenaufruf fortfährt. Innerhalb der runden Klammern stehen durch Komma getrennte Ausdrücke, die der **Methode** als **Parameter** übergeben werden. Die Idee dahinter ist, dass eine Methode einen Algorithmus kapselt, hierfür eine bestimmte Anzahl Werte als Eingangsparameter benötigt und als Ergebnis einen neuen Wert liefern kann.[11]
Allerdings haben wir so eine Methode doch gar nicht ausprogrammiert. Und zum gegenwärtigen Zeitpunkt wüssten wir auch nicht einmal, wie wir das tun sollten. Müssen wir aber auch gar nicht, weil `System.out.println` in der Klassenbibliothek von Java enthalten ist und dem Compiler somit schon fix und fertig vorliegt. Wann immer wir einen Text auf der Konsole ausgeben wollen, können wir sie verwenden. Mehr müssen wir an dieser Stelle noch nicht verstehen.

2.2.6 Die Kurzversion zum Vergleich

Da es inzwischen öfters erwähnt wurde, wollen wir Ihnen die Kurzversion des Programms, in der die Zeilen drei bis fünf zusammengefasst wurden, nicht vorenthalten. Sie lautet wie folgt:

```
1 public class Berechnung {
2   public static void main(String[] args) {
3     System.out.println(3 + 4);
4   }
5 }
```

Übrig geblieben sind `System.out.println(...)` für die Bildschirmausgabe sowie der Ausdruck `3 + 4` zur Berechnung des darzustellenden Werts. Weggefallen sind hingegen die Variable `i` und dementsprechend die Zuweisung des Rechenergebnisses an diese.
Möglich wird dies, weil `System.out.println` zwischen den runden Klammern einen beliebigen Ausdruck erwartet, der sich in eine Textform umwandeln lässt, wobei sowohl die Berechnung `3 + 4` als auch die bloße Nennung der Variablen `i` diese Bedingung erfüllen. Im ersten Fall kümmert sich Java selbstständig darum, das Rechenergebnis im Hauptspeicher abzulegen, falls es zur Ausführung der sie umgebenden Anweisung benötigt wird.[12] Im zweiten Fall führt die Auswertung des Ausdrucks `i` dazu, dass der Wert der Variablen gelesen und als Zwischenergebnis eingesetzt wird.

[10] Bezeichner sind Wörter, die nicht zum Sprachumfang von Java gehören, also keine reservierten Schlüsselwörter sind. Es handelt sich dabei um Namen, die wir unseren Klassen, Methoden, Variablen und anderen Dingen geben, damit wir uns später auf diese beziehen können.

[11] Ja richtig: Methodenaufrufe sind Ausdrücke und können daher an jeder Stelle verwendet werden, an der ein Ausdruck erwartet wird.

[12] Tatsächlich kann der Compiler hier sehr wahrscheinlich auf die Ablage im Hauptspeicher verzichten, da sowohl die Operanden als auch das Ergebnis der Berechnung in den sogenannten Registern des Prozessors abgelegt werden können. Streng genommen könnte er sogar auf die gesamte Berechnung verzichten und nur das Ergebnis übernehmen, weil sich dieses ja niemals ändern wird.

2.3 Übungsaufgaben

Aufgabe 2.1

Falls Sie es bis hierhin noch nicht getan haben, folgen Sie den Anweisungen weiter vorne im Buch zur Installation von Java und ggf. Eclipse. Legen Sie dann ein neues Projekt an und schreiben das im vorherigen Teilkapitel besprochene Programm ab, übersetzen es und lassen es laufen. Versuchen Sie, etwas Routine hierbei zu bekommen. Es wird ja bei Weitem nicht das letzte Programm sein, das Sie im Rahmen des Buches eingeben und ausführen müssen.

Aufgabe 2.2

Legen Sie eine neue Klasse an und übernehmen Sie folgenden Quellcode hierin. Lassen Sie auch dieses Programm zunächst laufen, bevor Sie mit der nächsten Aufgabe weitermachen.

```
1 public class Uebung {
2   public static void main(String[] args) {
3     System.out.println("Guten Tag!");
4     System.out.println("Mein Name ist Puter, Komm-Puter.");
5   }
6 }
```

Aufgabe 2.3

Was passiert, wenn Sie im vorigen Programm in Zeile 3 das Semikolon entfernen? Was passiert, wenn Sie statt einem zwei Semikolons einfügen? Warum ist das eine ein Fehler und das andere nicht? Probieren Sie es aus.

Kapitel 7

Der grundlegende Umgang mit Klassen

Im letzten Kapitel haben wir erfahren, dass sich die objektorientierte Philosophie aus den vier Konzepten Generalisierung, Vererbung, Kapselung und Polymorphie zusammensetzt. Wir haben jeden dieser Begriffe – in der Theorie – erklärt und uns die Idee klarzumachen versucht, die hinter der Objektorientierung steht. Wir haben jedoch noch nicht gelernt, diese Konzepte in Java umzusetzen.
In diesem und dem folgenden Kapitel soll dieser Mangel behoben werden. Anhand einfacher Beispiele werden wir lernen, wie sich Klassen auch in Java zu mehr als nur einfachen Datenspeichern mausern.

7.1 Vom Referenzdatentyp zur Objektorientierung

In diesem Kapitel werden wir versuchen, verschiedene Aspekte im Leben eines *Studierenden* zu modellieren. Wir beginnen hierbei mit einer einfachen Klasse, wie wir sie schon aus den vorigen Kapiteln kennen:

```
1  /** Diese Klasse simuliert einen Studenten */
2  public class Student {
3
4    /** Der Name des Studenten */
5    public String name;
6
7    /** Die Matrikelnummer des Studenten */
8    public int nummer;
9  }
10
```

Wie Sie sehen, haben wir die Klasse allerdings nicht `Studierender` genannt, was dem aktuellen geschlechtsneutralen Sprachgebrauch an den Hochschulen eher entsprechen würde. Der Einfachheit (und Kürze) halber haben wir uns dazu ent-

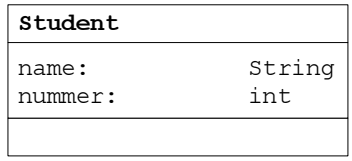


Abbildung 7.1: Die Klasse `Student`, erste Version

schlossen, die Klasse `Student` zu nennen. Natürlich soll diese Klasse aber sowohl weibliche als auch männliche Student(inn)en modellieren.[1]
Abbildung 7.1 zeigt diesen einfachen Klassenaufbau im UML-Klassendiagramm. Unsere Klasse setzt sich aus zwei Instanzvariablen namens `name` und `nummer` zusammen. Erstgenannte speichert den Namen des Studierenden, Letztere die Matrikelnummer.[2] Wir können diese Klasse nun wie gewohnt instanziieren (d. h. Objekte aus ihr erzeugen) und diese dann mit Werten belegen:

```
Student studi = new Student();
studi.name = "Karla Karlsson";
studi.nummer = 12345;
```

Bis zu diesem Punkt haben wir an unserer Klasse keine Arbeiten vorgenommen, die wir nicht aus Kapitel 4 schon zur Genüge kennen. Wir wollen diesen Entwurf nun bezüglich unserer vier Grundprinzipien überprüfen:

- Bei unserer Klasse `Student` handelt es sich um eine einzelne Klasse, nicht um eine Hierarchie. Wir haben somit keine weiteren Klassen und können damit keine Eigenschaften in Superklassen auslagern. Das Thema Generalisierung ist also in diesem Beispiel nicht weiter wichtig.
- Ähnliches gilt für die Bereiche Vererbung und Polymorphie. Beide Begriffe spielen erst bei der Arbeit mit mehr als einer Klasse eine wichtige Rolle. Hiermit beschäftigen wir uns aber erst im nächsten Kapitel näher.
- Bleibt also die Frage, ob wir uns bezüglich der Kapselung für ein gutes Modell entschieden haben. Haben wir die interne Struktur unserer Klasse von der Schnittstelle nach außen getrennt? Könnten wir die Instanzvariablen einfach verändern, ohne hiermit Probleme zu verursachen?

An dieser Stelle müssen wir den letzten Punkt leider klar und deutlich verneinen. Unsere Instanzvariablen sind von außen her überall zugänglich. Wir schreiben unsere Werte direkt in sie hinein und lesen sie aus ihnen direkt wieder aus. Wenn wir die Matrikelnummer später in einem `String` ablegen wollen (z. B. weil wir eine Datenbank benutzen, die keine einfachen Datentypen versteht), müssen wir sämtliche Programme überarbeiten, die diese Variablen benutzen. Wir werden deshalb

[1] Wir hoffen, dass unsere *Leserinnen* aufgrund dieser Namenswahl das Buch jetzt nicht empört aus der Hand legen. Wir werden in Übungsaufgabe 7.2 dafür sorgen, dass man sogar explizit zwischen weiblichen und männlichen Studierenden unterscheiden kann.

[2] Eine von der Verwaltung der Hochschule vergebene eindeutige Nummer, unter der die Daten eines Studierenden hinterlegt werden.

im nächsten Abschnitt erfahren, wie wir mit Hilfe sogenannter **Zugriffsmethoden** eine bessere Form der Datenkapselung erreichen.

7.2 Instanzmethoden

7.2.1 Zugriffsrechte

Wir beginnen damit, unsere Daten vor der Außenwelt zu „verstecken“. Gemäß der Idee des **data hiding** sorgen wir dafür, dass niemand außerhalb der Klasse auf unsere Instanzvariablen zugreifen kann. Um dieses Ziel zu erreichen, ändern wir die sogenannten **Zugriffsrechte** für die einzelnen Variablen. Momentan haben unsere Variablen die Zugriffsrechte **`public`**, das heißt, sie sind *öffentlich zugänglich*. Konkret bedeutet es, dass jede andere Klasse auf die Variablen lesenden und schreibenden Zugriff hat. Genau das wollen wir jedoch verhindern!
Stattdessen setzen wir die Zugriffsrechte nun auf **`private`**, dem genauen Gegenteil zum öffentlichem Zugriff: Während bei öffentlichem Zugriff *jede* Klasse auf die Variablen Zugriff hat, kann bei privatem Zugriff außer der eigenen Klasse *keine* andere Klasse auf die Variablen zugreifen, nicht einmal eigene Subklassen. Da nur die Klasse Zugriff hat, in der die Instanzvariablen definiert sind, handelt sich hierbei also wirklich um ihre *privaten* Variablen, die nur dieser Klasse „gehören“, die aber trotzdem an Subklassen vererbt werden.
Abbildung 7.2 zeigt diese Modifikation im UML-Diagramm. Wir sehen, dass private Variablen durch ein Minuszeichen vor dem Variablennamen markiert werden. Fehlt dieses Symbol oder ist es durch ein Pluszeichen ersetzt, geht man von öffentlichen Zugangsrechten aus.[3]

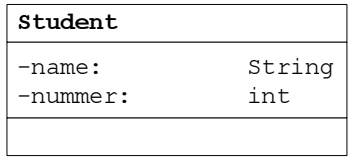


Abbildung 7.2: Die Klasse `Student`, zweite Version

Die Umsetzung in unserem Java-Programm ist relativ einfach: Wir ersetzen lediglich das Schlüsselwort **`public`** bei den entsprechenden Variablen durch das Schlüsselwort **`private`**:

```
1 /** Diese Klasse simuliert einen Studenten */
2 public class Student {
3
4   /** Der Name des Studenten */
5   private String name;
```

[3] Neben öffentlichem und privatem Zugriff gibt es zwei weitere Formen des Zugriffs (siehe Abschnitt 8.8.2).

```
6
7    /** Die Matrikelnummer des Studenten */
8    private int nummer;
9  }
10
```

Wenn wir nun (z. B. in einer Klasse namens `Schnipsel`) wie im vorigen Abschnitt die Instanzvariablen durch einfache Zugriffe der Form

```
studi.name = "Karla Karlsson";
studi.nummer = 12345;
```

setzen wollen, erhalten wir beim Compilieren eine Fehlermeldung der Form

Konsole

```
Variable name in class Student not accessible
      from class Schnipsel.
```

Das heißt: Die Zugriffe wurden verweigert.

7.2.2 Was sind Instanzmethoden?

Wie können wir aber nun Daten aus einer Klasse auslesen oder sie setzen, wenn wir hierzu überhaupt nicht berechtigt sind?
Die Antwort haben wir im vorigen Kapitel bereits angedeutet: Wir fügen der Klasse sogenannte **Instanzmethoden** hinzu. Diese Methoden werden ähnlich wie in Kapitel 5 definiert:

Syntaxregel

```
public «RUECKGABETYP» «METHODENNAME» ( «PARAMETERLISTE» )
{
   // hier den auszufuehrenden Code einfuegen
}
```

Wenn Sie dies mit der Syntaxregelbox auf Seite 169 vergleichen, stellen Sie als einzigen Unterschied das Wörtchen **`static`** fest, das unserer Methodendefinition nun fehlt. Durch Weglassen dieses Wortes wird eine Methode an ein spezielles Objekt gebunden, das heißt, sie existiert nur in Zusammenhang mit einer speziellen *Instanz*. Da die Methode aber nun zu einem bestimmten Objekt gehört, hat sie auch Zugriff auf dessen spezielle Eigenschaften – also seine Instanzvariablen.
Abbildung 7.3 zeigt eine entsprechende Erweiterung unseres Klassenmodells im UML-Diagramm. Wir tragen in das untere, bislang leer gebliebene Kästchen unsere Methoden ein. Hierbei verwenden wir als Schreibweise

```
+ «METHODENNAME» ( «PARAMETERLISTE» ) : «RUECKGABETYP»
```

wobei das Pluszeichen wie bei den Instanzvariablen für öffentlichen Zugriff (**`public`**) steht. Wir definieren also folgende vier Methoden:

Student	
-name:	String
-nummer:	int
+getName():	String
+setName(String):	void
+getNummer():	int
+setNummer(int):	void

Abbildung 7.3: Die Klasse `Student`, dritte Version

- Die Methode

```
public String getName()
```

soll den Inhalt der Instanzvariablen `name` auslesen und als Resultat der Methode zurückliefern. Unser ausformulierter Java-Code lautet wie folgt:

```
/** Gib den Namen des Studenten als String zurueck */
public String getName() {
  return this.name;
}
```

Achten Sie darauf, dass wir die Instanzvariable durch **`this.`**`name` angesprochen haben. Das Schlüsselwort **`this`** liefert innerhalb eines Objektes immer eine Referenz auf das Objekt selbst. Jedes Objekt hat somit quasi eine Komponentenvariable **`this`**, die eine Referenz auf das Objekt selbst enthält. Wir können also sämtliche Instanzvariablen in der aus Abschnitt 4.2.2 bekannten Form

Syntaxregel

«OBJEKTNAME».«VARIABLENNAME»

erreichen, indem wir für den Platzhalter «OBJEKTNAME» schlicht und ergreifend **`this`** einsetzen. Abbildung 7.4 verdeutlicht nochmals die Bedeutung der **`this`**-Referenz.

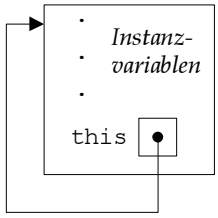


Abbildung 7.4: Die `this`-Referenz

- Die Methode

  ```
  public void setName(String name)
  ```

  soll nun den Inhalt der Instanzvariablen `name` durch das übergebene `String`-Argument ersetzen:

  ```
  /** Setze den Namen des Studenten auf einen bestimmten Wert */
  public void setName(String name) {
    this.name = name;
  }
  ```

  Obwohl der Parameter `name` und die Instanzvariable `name` den gleichen Bezeichner haben, gibt es an dieser Stelle keinerlei Konflikte. Der Compiler kann beide Variablen voneinander unterscheiden, da wir die Instanzvariable mit Hilfe der **`this`**-Referenz ansprechen.

- Die Methode

  ```
  public int getNummer()
  ```

  liest nun den Inhalt unserer `nummer` aus und gibt ihn, genau wie bei der Methode `getName`, als Ergebnis zurück.[4] Ausformuliert lautet das wie folgt:

  ```
  /** Gib die Matrikelnummer des Studenten als Integer zurueck */
  public int getNummer() {
    return nummer;
  }
  ```

  An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass wir in der Methode bewusst auf das Schlüsselwort **`this`** verzichtet haben. Dennoch lässt sich das Programm compilieren. Der Grund dafür liegt darin, dass der Compiler in einem gewissen Ausmaß „mitdenkt“. Findet er in der Methode oder den übergebenen Parametern keine Variable, die den Namen `nummer` besitzt, sucht er diese unter den Instanzvariablen.

- Zuletzt formulieren wir eine Methode

  ```
  public void setNummer(int n)
  ```

  zum Setzen der Instanzvariablen. Auch hier wollen wir auf die Verwendung der **`this`**-Referenz verzichten. Um mögliche Namenskonflikte zu vermeiden, haben wir dem übergebenen Parameter einen anderen Namen (`n` statt `nummer`) gegeben:

  ```
  /** Setze die Matrikelnummer des Studenten auf einen
      bestimmten Wert */
  public void setNummer(int n) {
    nummer = n;
  }
  ```

[4] Hierbei mag unsere deutsch-englische Namensgebung etwas belustigend klingen, aber wir wollen von Anfang an den bestehenden Konventionen folgen, wonach Methoden, die dem Auslesen von Werten dienen, als **get-Methoden** und Methoden, die Werte einer Instanzvariablen setzen, als **set-Methoden** bezeichnet werden.

Wir haben unsere Klasse `Student` nun bezüglich des Prinzips der Datenkapselung überarbeitet, indem wir sämtliche Instanzvariablen vor der Außenwelt versteckt (data hiding) und den Zugriff von außen nur noch durch get- und set-Methoden ermöglicht haben.
Am Ende dieses Abschnitts könnte man leicht vermuten, dass Instanzmethoden nicht viel mehr als einfachste Schreib/Lesemethoden sind. Wozu also das Prinzip der Datenkapselung? Steckt denn wirklich nicht mehr dahinter?
Wie so oft steckt der Teufel natürlich auch hier wieder einmal im Detail. Instanzmethoden können viel mehr als nur Werte schreiben und lesen. Wir könnten sämtliche bisher definierten Unterprogramme (vgl. Kapitel 5) als Instanzmethoden definieren, wenn wir das Wort **`static`** weglassen und sie somit an ein Objekt binden[5] – doch das verschafft uns natürlich keinen Vorteil. Die beiden folgenden Abschnitte zeigen jedoch spezielle Anwendungen, die uns die wahre Macht von Instanzmethoden demonstrieren.

7.2.3 Instanzmethoden zur Validierung von Eingaben

Die Matrikelnummer eines Studierenden ist eine von der Universitätsverwaltung vergebene Nummer, die einen Studierenden eindeutig identifiziert. Jeder Student bzw. jede Studentin erhält hierbei hochschulintern eindeutig eine solche Nummer zugeordnet. Umgekehrt ist jedoch nicht jede Zahl auch eine gültige Matrikelnummer. Um zu verhindern, dass sich Schreibfehler einschleichen oder ein Student (etwa bei Prüfungsanmeldungen) eine falsche Matrikelnummer angibt, müssen die Nummern gewisse Anforderungen, etwa bezüglich der Quersumme ihrer Ziffern, erfüllen. Eine einfache Form der Prüfung wäre etwa folgende:

> *Eine Matrikelnummer ist genau dann gültig, wenn sie fünf Stellen sowie keine führenden Nullen hat und ungerade ist.*

Um also eine ganze Zahl vom Typ **`int`** auf ihre Gültigkeit zu überprüfen, müssen wir lediglich testen,

- ob die Zahl zwischen 10000 und 99999 liegt und
- ob bei Division durch 2 ein Rest verbleibt, also `n % 2 != 0` gilt.

Diese Prüfung in eine Methode zu gießen, ist eine eher leichte Übung. Wir formulieren eine Instanzmethode `validateNummer`, wobei das Wort `validate` für „Überprüfung“ steht. Unsere Methode liefert einen **`boolean`**-Wert zurück. Ist dieser Wert **`true`**, so war die Validierung erfolgreich, d. h. wir haben eine für unser Beispiel gültige Matrikelnummer. Ist der Wert jedoch **`false`**, so haben wir eine ungültige Matrikelnummer vorliegen:

```
/** Pruefe die Matrikelnummer des Studenten
    auf ihre Gueltigkeit */
```

[5] In diesem Fall *müssen* wir allerdings immer ein Objekt erzeugen, um die entsprechenden Methoden aufzurufen.

```
public boolean validateNummer() {
  return
    (nummer >= 10000 && nummer <= 99999 && nummer % 2 != 0);
}
```

Wir können nun also unserem Studierenden nicht nur eine Matrikelnummer zuweisen, sondern auch anschließend überprüfen, ob diese Nummer überhaupt gültig war. Hier stellt sich natürlich die Frage, ob unsere Klasse das nicht auch *automatisch* tun kann? Können wir nicht einfach festlegen, dass wir in unserer Klasse nur gültige Matrikelnummern hinterlegen dürfen?
Die Antwort auf diese Frage lautet wieder einmal: *Ja, das lässt sich machen!* Wir werden unsere set-Methode einfach so modifizieren, dass sie den eingegebenen Wert automatisch überprüft:

```
/** Setze die Matrikelnummer des Studenten auf einen best. Wert */
public void setNummer(int n) {
  int alteNummer = nummer;
  nummer = n;
  if (!validateNummer()) { // neue Nummer ist nicht gueltig
    nummer = alteNummer;
  }
}
```

Unsere angepasste Methode durchläuft die Prüfung in mehreren Schritten. Zuerst setzt sie die Matrikelnummer des Studierenden auf den neuen Wert, speichert aber den alten Wert in der Variable `alteNummer` ab. Anschließend ruft sie die validate-Methode `validateNummer` auf. War die Validierung erfolgreich, d. h. haben wir eine gültige Matrikelnummer, so wird die Methode beendet. Andernfalls wird die alte Nummer aus `alteNummer` ausgelesen und wieder in die Instanzvariable zurückgeschrieben.
Mit unserer neuen Zugriffsmethode haben wir eine Funktionalität erreicht, die ohne Datenkapselung nicht möglich gewesen wäre. Wir weisen unserem Studenten-Objekt nicht einfach mehr eine Matrikelnummer zu, sondern überprüfen diese automatisch auf ihre Korrektheit. Eine solche Validierung kann uns in vielerlei Hinsicht von Nutzen sein; etwa, um Eingabefehler über die Tastatur zu erkennen. Das Wichtigste bei der ganzen Sache ist allerdings, dass wir für diese Erweiterung keine Veränderung an der alten Schnittstelle vornehmen mussten. Benutzer sind weiterhin in der Lage, Matrikelnummern mit `getNummer` und `setNummer` aus- und einzulesen. Programme, die vielleicht schon für die alte Klasse geschrieben waren, sind auch weiterhin lauffähig – obwohl zum Zeitpunkt der Entwicklung mit einer älteren Version gearbeitet wurde!

7.2.4 Instanzmethoden als erweiterte Funktionalität

Neben dem reinen Setzen und Auslesen von Werten können wir Instanzmethoden auch nutzen, um unseren Klassen zusätzliche Eigenschaften und Fähigkeiten zu verleihen, die sie bislang nicht besaßen.

So wollen wir etwa in diesem Abschnitt erreichen, dass Instanzen unserer Klasse eine Beschreibung ihrer selbst ausgeben können. Eine Studentin namens „Susi Sorglos“ mit der Matrikelnummer 92653 soll sich etwa in der Form

Konsole

```
Susi Sorglos (92653)
```

auf dem Bildschirm darstellen lassen.
Um diesen Zweck zu erfüllen, schreiben wir eine Methode namens `toString`, in der wir aus den Instanzvariablen eine textuelle Beschreibung generieren:

```
/** Gib eine textuelle Beschreibung dieses Studenten aus */
public String toString() {
  return name + " (" + nummer + ')';
}
```

Diese Methode kombiniert die Variablen `name` und `nummer` und erzeugt aus ihnen einen `String`. Instanziieren wir nun in unserem Hauptprogramm ein Objekt der Klasse `Student`,

```
Student studi = new Student();
studi.setName("Karla Karlsson");
studi.setNummer(12345);
```

können wir dieses Objekt durch die einfache Zeile

```
System.out.println(studi.toString());
```

auf dem Bildschirm ausgeben. Unsere Klasse ist somit in der Lage, aus ihrem inneren Zustand selbstständig eine neue Information (hier etwa eine Textbeschreibung) zu erzeugen. Unser reiner Datencontainer hat auf diese Weise ein gewisses Maß an Selbstständigkeit erreicht!
In Abschnitt 8.4 werden wir übrigens feststellen, dass für obige Bildschirmausgabe auch die Zeile

```
System.out.println(studi);
```

ausgereicht hätte. Grund hierfür ist der Umstand, dass jedes Objekt eine Methode `toString` besitzt. Wenn wir ein Objekt mit der `println`-Methode auszugeben versuchen, ruft das druckende Objekt[6] genau diese `toString`-Methode auf. In unserer Klasse `Student` haben wir diese Methode überschrieben, das heißt, wir haben mit Hilfe der Polymorphie eine maßgeschneiderte Ausgabe für unsere Klasse modelliert.

7.3 Statische Komponenten einer Klasse

Wir haben im letzten Abschnitt mit den Instanzvariablen und -methoden ein wichtiges Gebiet des objektorientierten Programmierens kennengelernt. Die Möglichkeit, Variablen oder sogar ganze Methoden einem bestimmten Objekt zuordnen zu können, hat uns Perspektiven erschlossen, die wir mit unseren bisherigen Programmiererfahrungen nicht sahen.

[6] Auch die Methode `println` ist Instanzmethode eines Objektes, des sogenannten Ausgabestroms. Das Objekt `System.out` ist ein solcher Strom.

Hier stellt sich jedoch die Frage, wie sich das früher Gelernte mit diesen neuen Technologien vereinbaren lässt. Instanzmethoden ähneln vom Aufbau her zwar unseren Methoden aus Kapitel 5, sind aber schon insofern vollkommen verschieden, als sie zu einem speziellen Objekt gehören. Müssen wir also unser ganzes Wissen über Bord werfen?
Natürlich nicht! Aus objektorientierter Sicht handelt es sich bei unseren früher verwendeten Methoden um die sogenannten **Klassenmethoden**, auch **statische Methoden** genannt. In diesem Kapitel haben wir bisher nur Instanzmethoden definiert – also Methoden, die einer ganz bestimmten *Instanz* einer Klasse gehören. Klassenmethoden wiederum folgen dem gleichen Schema. Statt einer einzelnen Instanz gehören sie allerdings der gesamten *Klasse*, das heißt, alle Objekte teilen sich eine einzige Methode. Diese Methode existiert vielmehr sogar, wenn *kein einziges Objekt* zu unserer Klasse existiert.
Unsere früheren Programme haben diesen Umstand ausgenutzt, um Ihnen als Anfänger die objektorientierte Sichtweise zu ersparen. Wir haben Klassen definiert (jedes unserer Programme war eine Klassendefinition) und diese nur mit Klassenmethoden gefüllt. Obwohl wir nie eine Instanz dieser Klassen erzeugt haben, konnten wir die einzelnen Methoden problemlos aufrufen. Jetzt, da Sie im Begriff sind, ein OO-Profi zu werden, wissen Sie es natürlich besser. Nehmen Sie eines Ihrer alten Programme, und versuchen Sie, mit Hilfe des **`new`**-Operators eine Instanz zu bilden. Es wird Ihnen gelingen.

7.3.1 Klassenvariablen und -methoden

Am ehesten wird der Nutzen von statischen Komponenten deutlich, wenn wir mit einem konkreten Anwendungsfall beginnen. Unsere Klasse `Student` besitzt momentan zwei Datenelemente, nämlich den Namen und die Matrikelnummer des Studenten bzw. der Studentin.
Aus statistischer Sicht mag es vielleicht interessant sein, die Zahl der instanziierten Studentenobjekte zu zählen. Wird beispielsweise eine neue Universität eröffnet und verwendet diese von Anfang an unsere Studentenverwaltung, so könnte man aus dieser Variablen erfahren, wie viele Studierende es im Laufe der Geschichte an dieser Universität gegeben hat.
Nun stehen wir jedoch vor dem Problem, dass wir diese Variable – wir wollen sie der Einfachheit halber einmal `zaehler` nennen – keiner speziellen Instanz unserer Klasse zuordnen können. Vielmehr handelt es sich hierbei um eine Eigenschaft, die zu der Gesamtheit *aller* Studentenobjekte gehört. Die Anzahl aller Studenten macht keine Aussage über einen speziellen Studenten, sondern über die Studenten an sich. Sie sollte daher *allen* Studenten angehören, sprich, eine **statische Komponente** der Klasse `Student` sein.
Wir erzeugen deshalb eine Variable, die keiner bestimmten Instanz, sondern der gesamten Klasse gehört, gemäß der folgenden Regel:[7]

[7] Der initiale Wert könnte an dieser Stelle auch wegfallen.

Syntaxregel

```
private static «TYP» «VARIABLENNAME» = «INITIALWERT»;
```

Wir stellen fest, dass sich die Definition von Klassenvariablen nicht sehr von dem unterscheidet, was wir in Abschnitt 4.2 über Instanzvariablen gelernt haben. Mit Hilfe des Wortes **`private`** schützen wir unsere Variable vor Zugriffen von außerhalb. Typ, Variablenname und Initialwert sind uns ebenfalls bekannt und würden im Fall unseres Zählers zu folgender Definition führen:

```
private static int zaehler = 0;
```

Neu ist für uns an dieser Stelle lediglich das Schlüsselwort **`static`**, das wir bislang nur aus unseren Methoden im ersten Teil des Buches kannten. Dieses Wort weist eine Variable oder Methode als statische Komponente einer Klasse aus. Wenn wir eine Variable also als **`static`** beschreiben, gehört sie allen Instanzen einer Klasse zugleich. Wir können den Inhalt der Variablen auslesen, indem wir eine entsprechende get-Methode definieren:

```
/** Gib die Zahl der erzeugten Studentenobjekte zurueck */
public static int getZaehler() {
  return zaehler;
}
```

Beachten Sie hierbei, dass wir auch bei dieser Methode das Schlüsselwort **`static`** verwendet haben, die Methode also der Klasse, nicht den Objekten zugeordnet haben. Die Methode `getZaehler` ist also eine Klassenmethode, die wir etwa durch einen Aufruf der Form

```
System.out.println(Student.getZaehler());
```

aus jedem beliebigen Programm aufrufen können, ohne eine konkrete Referenz auf ein Studentenobjekt zu besitzen.
Wie können wir aber nun ein Objekt so erzeugen, dass der interne (private) Zähler korrekt erhöht wird? Zu diesem Zweck entwerfen wir eine Methode `createStudent`, die uns ein neues Studentenobjekt erzeugt. Auch diese Methode müssen wir statisch machen, da sie schließlich gerade zum Erzeugen von Objekten benutzt werden soll, also nicht aus einem Objekt heraus aufgerufen wird:

```
/** Erzeugt ein neues Studentenobjekt */
public static Student createStudent() {
  zaehler++; // erhoehe den Zaehler
  return new Student();
}
```

Unsere Methode zählt bei Aufruf zuerst die Variable `zaehler` hoch und aktualisiert somit deren Stand. Im zweiten Schritt wird mit Hilfe des **`new`**-Operators ein neues Objekt erzeugt und dieses als Ergebnis zurückgegeben. Nun können wir in unseren Programmen Studentenobjekte durch einen einfachen Methodenaufruf erzeugen lassen und somit den Zähler korrekt aktualisieren:

```
Student studi = Student.createStudent();
System.out.println(Student.getZaehler());
```

Leider hat diese Methode, neue Studentenobjekte zu erzeugen, einen gewaltigen Pferdefuß: bei älteren Programmen, die ihre Objekte noch mit Hilfe des **new**-Operators erzeugen, funktioniert der Zähler nicht korrekt. Wir laufen auch immer Gefahr, dass andere Programmierer, die unsere Klasse `Student` benutzen, den Fehler begehen, Objekte direkt zu erzeugen. Wir werden in Abschnitt 7.4.1 jedoch eine Methode kennenlernen, diese Probleme auf elegante Art und Weise zu lösen.

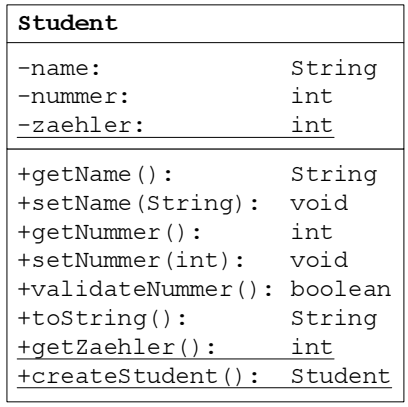


Abbildung 7.5: Die Klasse `Student`, mit Objektzähler

Jetzt werfen wir noch einen Blick auf unsere gewachsene Klasse `Student` im UML-Klassendiagramm (Abbildung 7.5). Klassenmethoden und Klassenvariablen werden im UML-Diagramm durch Unterstreichung gekennzeichnet. Wir stellen fest, dass wir – obwohl unsere Klasse inzwischen beträchtlich gewachsen ist – durch die Grafik noch immer einen schnellen Überblick über die Komponenten erhalten, aus denen sich die Klasse zusammensetzt. Oft ist es sinnvoll, private Variablen nicht in das UML-Diagramm einzuzeichnen, denn für den Entwurf eines Systems von Klassen (hierzu dient uns UML) ist es letztendlich ausreichend zu wissen, welche Schnittstelle eine Klasse nach außen zu bieten hat. Dadurch lassen sich große Klassen übersichtlicher gestalten. Auch wir wollen nachfolgend gelegentlich von dieser Regel Gebrauch machen.

7.3.2 Klassenkonstanten

Wie wir aus Abschnitt 3.4.1 wissen, ist es möglich, mit Hilfe des Schlüsselwortes **`final`** aus „normalen“ Variablen **`final`**-Variablen zu machen, sie also zu symbolischen Konstanten werden zu lassen. Das gilt natürlich nicht nur für lokale Variablen innerhalb einer Methode, sondern auch für Klassenvariablen, die durch das vorangestellte **`final`** zu Klassenkonstanten werden.
Konstanten werden in Java häufig dann eingesetzt, wenn man eine nichtssagende Codierung durch eine selbst erklärende Begrifflichkeit erklären will oder wenn

man schwer zu merkende Werte wie etwa den Wert der mathematischen Konstanten π (gesprochen „pi“, etwa $3.14\ldots$) benennen will. Hierbei gilt ja als Konvention, dass wir Konstanten in unseren Programmen immer groß schreiben. Im Falle von π verwendet Java die Bezeichnung `PI`. Da diese Konstante in der Klasse `Math` deklariert ist, können wir sie bekanntlich über `Math.PI` ansprechen.
Auch für die Modellierung unserer Studierenden können wir Klassenkonstanten einsetzen. Wenn sich ein Student bzw. eine Studentin für ein bestimmtes *Studienfach* an einer Hochschule einschreibt, wird dieses Fach in den Systemen vieler Hochschulverwaltungen mit einer bestimmten Nummer identifiziert.

Tabelle 7.1: Zuordnung Studienfach – Verwaltungsnummer

Studienfach	Verwaltungsnummer
Architektur	3
Biologie	5
Germanistik	7
Geschichte	6
Informatik	2
Mathematik	1
Physik	9
Politologie	8
Wirtschaftswissenschaften	4

Tabelle 7.1 zeigt eine derartige fiktive Nummerierung. Wir wollen diese Nummern verwenden und erweitern unsere Klasse `Student` um eine ganzzahlige Variable `fach` (inklusive get- und set-Methoden):

```
/** Studienfach des Studenten */
private int fach;

/** Gib das Studienfach des Studenten als Integer zurueck */
public int getFach() {
  return fach;
}

/** Setze das Studienfach des Studenten auf einen bestimmten Wert */
public void setFach(int fach) {
  this.fach = fach;
}
```

Um unsere Variable nun mit einem der obigen Werte zu füllen, definieren wir in unserer Klasse `Student` einige *finale* Klassenvariablen:

```
/** Konstante fuer das Studienfach Mathematik */
public static final int MATHEMATIKSTUDIUM = 1;

/** Konstante fuer das Studienfach Informatik */
public static final int INFORMATIKSTUDIUM = 2;

/** Konstante fuer das Studienfach Architektur */
public static final int ARCHITEKTURSTUDIUM = 3;
```

```
/** Konstante fuer das Studienfach Wirtschaftswissenschaften */
public static final int WIRTSCHAFTLICHESSTUDIUM = 4;

/** Konstante fuer das Studienfach Biologie */
public static final int BIOLOGIESTUDIUM = 5;

/** Konstante fuer das Studienfach Geschichte */
public static final int GESCHICHTSSTUDIUM = 6;

/** Konstante fuer das Studienfach Germanistik */
public static final int GERMANISTIKSTUDIUM = 7;

/** Konstante fuer das Studienfach Politologie */
public static final int POLITOLOGIESTUDIUM = 8;

/** Konstante fuer das Studienfach Physik */
public static final int PHYSIKSTUDIUM = 9;
```

Jede dieser Variablen stellt nun eine ganze Zahl dar, die wir als statische Klassenvariable etwa durch die Codezeile

```
Student.INFORMATIKSTUDIUM
```

ansprechen können. Ein Versuch, den Inhalt der Variablen nachträglich abzuändern, schlägt fehl: So liefert etwa die Zeile

```
Student.INFORMATIKSTUDIUM = 23;
```

eine Fehlermeldung der Form

Konsole

```
Can't assign a value to a final variable: INFORMATIKSTUDIUM
   Student.INFORMATIKSTUDIUM = 23;
```

Wir haben also konstante, *unveränderliche* Werte geschaffen, mit denen wir unsere Programme lesbarer und sicherer bezüglich Tippfehlern machen können. Verdeutlichen können wir uns dies, indem wir zum Beispiel die Ausgabe unserer `toString`-Methode um einen (mehr oder weniger) sinnvollen Spruch erweitern, der die verschiedenen Studiengänge charakterisiert. Ohne die Ziffern in Tabelle 7.1 nachschlagen zu müssen, gelingt uns das mühelos:

```
/** Gib eine textuelle Beschreibung dieses Studenten zurueck */
public String toString() {
  String res = name + " (" + nummer + ")\n";
  switch(fach) {
    case MATHEMATIKSTUDIUM:
      return res + "  ein Mathestudent " +
                   "(oder auch zwei, oder drei).";
    case INFORMATIKSTUDIUM:
      return res + "  ein Informatikstudent.";
    case ARCHITEKTURSTUDIUM:
      return res + "  angehender Architekt.";
    case WIRTSCHAFTLICHESSTUDIUM:
      return res + "  ein Wirtschaftswissenschaftler.";
    case BIOLOGIESTUDIUM:
      return res + "  Biologie ist seine Staerke.";
```

```
      case GESCHICHTSSTUDIUM:
        return res + "   sollte Geschichte nicht mit Geschichten " +
                     "verwechseln.";
      case GERMANISTIKSTUDIUM:
        return res + "  wird einmal Germanist gewesen tun sein.";
      case POLITOLOGIESTUDIUM:
        return res + "  kommt bestimmt einmal in den Bundestag.";
      case PHYSIKSTUDIUM:
        return res + "  studiert schon relativ lange Physik.";
      default:
        return res + "  keine Ahnung, was der Mann studiert.";
    }
  }
```

7.4 Instanziierung und Initialisierung

In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns mit der Frage, wie wir Einfluss auf den Erzeugungsprozess eines Objektes nehmen können. Bereits auf Seite 231 hatten wir festgestellt, dass es uns gelingen müsste, in irgendeiner Form Einfluss auf den **new**-Operator zu nehmen. Unsere Methode `createStudent` und der besagte Operator taten schließlich nicht mehr das Gleiche; nur die `create`-Methode zählte unseren Zähler korrekt hoch.
Nun lernen wir Mittel und Wege kennen, unser Vorhaben in die Tat umzusetzen.

7.4.1 Konstruktoren

Erinnern wir uns: Bevor wir die Methode `createStudent` erschufen, hatten wir unsere Objekte durch eine Zeile der Form

```
Student studi = new Student();
```

instanziiert, wobei der **new**-Operator angewendet wurde, entsprechend der bereits auf Seite 154 beschriebenen Regel

Syntaxregel

```
«INSTANZNAME» = new «KLASSENNAME» ();
```

Wenn wir uns diese Zeile etwas genauer ansehen, so fallen uns die runden Klammern am Ende auf. Diese Klammern kennen wir bislang nur vom Aufruf von Methoden her! Ruft die Verwendung des **new**-Operators etwa ebenfalls eine Methode auf?
Tatsächlich ist der Vorgang des „Erbauens“ eines Objektes etwas komplizierter. In Abschnitt 7.4.4 gehen wir auf die tatsächlichen Mechanismen näher ein. Wir können aber an dieser Stelle schon vereinfacht sagen, dass am Ende dieses Vorganges tatsächlich eine Art von Methode aufgerufen wird: der sogenannte **Konstruktor**.
Konstruktoren sind keine Methoden im eigentlichen Sinn, da sie nicht – wie etwa Klassen- oder Instanzmethoden – explizit aufgerufen werden. Sie haben auch

keinen Rückgabetyp (nicht einmal **void**). Die Definition des Konstruktors erfolgt nach dem Schema:[8]

Syntaxregel

```
public «KLASSENNAME» ( «PARAMETERLISTE» )
{
   // hier den auszufuehrenden Code einfuegen
}
```

Aus dieser Regel schließen wir zwei wichtige Dinge:

1. Der Konstruktor heißt immer so wie die Klasse.
2. Der Konstruktor verfügt über eine Parameterliste, in der wir Argumente vereinbaren können (was wir im nächsten Abschnitt auch tun werden).

Mit dieser einfachen Regel können wir nun also Einfluss auf die Erzeugung unseres Objektes nehmen – genau das wollen wir auch tun. Wir beginnen mit dem einfachsten Fall: einem Konstruktor, der keinerlei Argumente besitzt und absolut nichts tut:

```
public Student() {}
```

Dieser Konstruktor, manchmal auch als **Standard-Konstruktor** oder **Default-Konstruktor** bezeichnet, wurde bisher vom Compiler automatisch erzeugt. Er wird vom System aufgerufen, wenn wir z. B. mit

```
Student studi = new Student();
```

ein Objekt instanziieren. Der Standard-Konstruktor wird nur angelegt, wenn man keine eigenen Konstruktoren anlegt – und nur dann! Wenn wir also im Folgenden eigene Konstruktoren für unsere Klassen definieren, wird für diese vom System kein Standard-Konstruktor mehr angelegt.
Der folgende Konstruktor aktualisiert unsere Klassenvariable `zaehler`, indem er sie automatisch um den Wert 1 erhöht:

```
/** Argumentloser Konstruktor */
public Student() {
  zaehler++;
}
```

Wenn wir nun mit Hilfe des **new**-Operators ein Studentenobjekt erzeugen, so wird durch den Aufruf des Konstruktors der Zähler automatisch aktualisiert. Wir können uns also die zusätzliche Erhöhung in unserer `createStudent`-Methode sparen:

```
/** Erzeugt ein neues Studentenobjekt */
public static Student createStudent() {
  return new Student();
}
```

[8] Hierbei kann man statt **public** natürlich auch andere Zugriffsrechte vergeben.

Tatsächlich stellen wir fest, dass es nun wieder keinen Unterschied mehr bedeutet, ob wir unsere Objekte mit **new** oder mit `createStudent` erzeugen. Der Prozess der Instanziierung wurde somit vereinheitlicht, die auf Seite 231 angemahnte Abwärtskompatibilität[9] wiederhergestellt.

7.4.2 Überladen von Konstruktoren

Wir wollen neben den bisher vorhandenen Daten eine weitere Instanzvariable definieren: In der ganzzahligen Variable `geburtsjahr` möchten wir das Jahr hinterlegen, in dem der betreffende Student bzw. die betreffende Studentin geboren wurde.

```
/** Geburtsjahr eines Studenten */
private int geburtsjahr;
```

Die Variable `geburtsjahr` soll im Gegensatz zu unseren bisherigen Instanzvariablen jedoch eine Besonderheit besitzen. Wir definieren zwar eine get-Methode, mit der wir den Wert der Variablen auslesen können

```
/** Gib das Geburtsjahr des Studenten als Integer zurueck */
public int getGeburtsjahr() {
  return geburtsjahr;
}
```

formulieren aber keine set-Methode, um den entsprechenden Wert zu setzen bzw. zu verändern. Der Grund hierfür ist relativ einfach. Alle bisher definierten Werte können sich ändern. Der Student bzw. die Studentin kann heiraten und den Namen seines Partners annehmen. Er kann sein Studienfach oder die Universität wechseln, was den Inhalt der Variablen `fach` und `nummer` beeinflussen würde. Nur eines kann unser(e) Student(in) niemals verändern: das Jahr, in dem er bzw. sie geboren wurde.
Wir wollen also den Inhalt der Variablen beim Erzeugen festlegen. Danach soll diese Variable von außen nicht mehr verändert werden können. Im Fall unseres argumentlosen Konstruktors sähe dies etwa wie folgt aus:

```
/** Argumentloser Konstruktor */
public Student() {
  zaehler++;
  geburtsjahr = 2000;
}
```

Wir setzten also den Inhalt unserer Variablen auf einen Standardwert, das Jahr 2000, was natürlich insbesondere deshalb unbefriedigend ist, weil nur ein geringer Teil der heute Studierenden in diesem Jahr geboren wurde. Deshalb definieren wir einen zweiten Konstruktor, in dem wir das Geburtsjahr als einen Parameter übergeben:

```
/** Konstruktor, bei dem sich das Geburtsjahr setzen laesst. */
public Student(int geburtsjahr) {
  zaehler++;
```

[9] Dies bedeutet, dass Programme, die für ältere Versionen unserer Klasse `Student` geschrieben wurden, auch mit unserer neuen Version funktionieren.

```
    this.geburtsjahr = geburtsjahr;
  }
```

Wir haben unseren Konstruktor also **überladen**, wie wir es schon in Abschnitt 5.1.5 mit Methoden gemacht haben. Analog dazu unterscheidet Java auch die Konstruktoren einer Klasse

- anhand der *Zahl* der Argumente,
- anhand des *Typs* der Argumente und
- anhand der *Position* der Argumente.

Wir können beim Überladen also den gleichen Regeln folgen – unsere Definition des zweiten Konstruktors war somit korrekt – und ihn wie gewohnt verwenden, indem wir das Geburtsjahr innerhalb der Klammern des **new**-Operators mit aufführen. So generiert etwa die folgende Zeile einen im Jahr 1999 geborenen Studenten:

```
Student studi = new Student(1999);
```

In den Übungsaufgaben beschäftigen wir uns noch einmal mit dem Überladen von Konstruktoren. Da Sie diesen Mechanismus jedoch bereits von den Methoden her kennen, stellt er bei Weitem kein Hexenwerk mehr dar.
An diesem Punkt jedoch noch eine kleine Anmerkung, die die Programmierung insbesondere von vielen Konstruktoren in einer Klasse vereinfacht. Wenn wir einen Blick auf unsere beiden Konstruktoren werfen, so stellen wir fest, dass sich diese in ihrer Struktur sehr ähneln:

```
/** Argumentloser Konstruktor */
public Student() {
  zaehler++;
  geburtsjahr = 2000;
}

/** Konstruktor, bei dem sich das Geburtsjahr setzen laesst. */
public Student(int geburtsjahr) {
  zaehler++;
  this.geburtsjahr = geburtsjahr;
}
```

Beide Konstruktoren erhöhen zuerst den Zähler und setzen dann die Variable `geburtsjahr` auf einen vorbestimmten Wert. Unser argumentloser Konstruktor ist hierbei gewissermaßen ein „Spezialfall“ des anderen Konstruktors, da er das Geburtsjahr nicht übergeben bekommt, sondern auf einen festen Wert setzt. Wir können diesen Konstruktor also einfacher formulieren, indem wir ihn auf seinen „großen Bruder“ zurückführen:

```
public Student() {
  this(2000);
}
```

Hierbei verwenden wir das Schlüsselwort **this**, um einen Konstruktor aus einem anderen Konstruktor heraus aufzurufen. Dieser Vorgang kann nur innerhalb von Konstruktoren und auch dort nur einmal geschehen – nämlich *als allererster Befehl innerhalb des Konstruktors*. Dieser eine erlaubte Aufruf gestattet es uns jedoch, nicht

jede einzelne Codezeile doppelt formulieren zu müssen. Insbesondere bei großen und aufwändigen Konstruktoren erspart uns das eine Menge Arbeit.

7.4.3 Der statische Initialisierer

Spätestens seit Gaston Leroux' Erfolgsroman wissen wir es alle: Eine wirklich erfolgreiche Institution benötigt ein *Phantom*. Angefangen mit dem Phantom der (Pariser) Oper übertrug sich dieser Trend mittels Hollywoodstreifen auf Filmstudios, Krankenhäuser und sonstige öffentliche Gebäude.
Wir wollen dieser Entwicklung Rechnung tragen und auch unserer Universität ein Phantom spendieren. Dieses Phantom soll eine konstante Klassenvariable sein und unter dem Namen `Student.PHANTOM` angesprochen werden können:

```
/** Diese Konstante repraesentiert
    das Phantom des Campus */
public static final Student PHANTOM;
```

Unser Phantom soll die Matrikelnummer -12345 besitzen, auf den Namen „Erik le Phant" hören und im Jahr 1735 geboren sein. Ferner soll er offiziell gar nicht existieren, das heißt, seine Existenz soll den Studentenzähler nicht beeinflussen.
An dieser Stelle bekommen wir mit der Initialisierung unserer Konstanten anscheinend massive Probleme:

1. Die Konstante `Student.PHANTOM` soll zusammen mit der Klasse existieren, ohne dass wir sie in unserem Hauptprogramm erst in irgendeiner Form initialisieren müssen.
2. Die Zahl -12345 ist keine gültige Matrikelnummer. Unsere `setNummer`-Methode würde diesen Wert nicht als gültige Eingabe akzeptieren. Wir können diesen Wert also von außen nicht setzen.
3. Jedes Mal, wenn wir mit dem **`new`**-Operator ein Objekt erzeugen, wird die interne Variable `zaehler` automatisch hochgezählt. Da wir aber von außen nur lesenden Zugriff auf den Zähler haben, können wir diesen Umstand nicht rückgängig machen.

Wie wir sehen, kommen wir an dieser Stelle mit einer Initialisierung „von außen" nicht weiter. Wir benötigen eine Möglichkeit, statische Komponenten einer Klasse beim Systemstart[10] automatisch zu initialisieren. Hierfür verwenden wir den sogenannten **statischen Initialisierer**, umgangssprachlich oft einfach **`static`**-Block genannt.[11] Statische Initialisierer werden nach folgender Regel erschaffen:

Syntaxregel

```
static {
   // hier den auszufuehrenden Code einfuegen
}
```

[10] Genauer gesagt, wenn wir die Klasse zum ersten Mal verwenden.
[11] Die offizielle englischsprachige Bezeichnung aus der Java Language Specification ist übrigens **static initializer**.

In einer Klasse können beliebig viele static-Blöcke auftreten. Sobald die Klasse dem Java-System bekannt gemacht wird (das sogenannte Laden der Klasse), werden die static-Blöcke in der Reihenfolge ausgeführt, in der sie im Programmcode auftauchen. Hierbei gelten die folgenden wichtigen Regeln:

- *Statische Initialisierer haben nur Zugriff auf statische Komponenten einer Klasse.* Sie können keine Instanzvariablen manipulieren, da diese nur innerhalb von Objekten existieren. Natürlich mit der Ausnahme, dass Sie innerhalb des static-Blocks ein Objekt, mit dem Sie arbeiten wollen, erzeugt haben.
- *Statische Initialisierer haben Zugriff auf alle (auch private) Teile einer Klasse.* Im Gegensatz zu einer Initialisierung „von außen“ befinden wir uns beim static-Block innerhalb der Klasse. Wir können selbst die für andere unsichtbaren Bereiche einsehen und manipulieren.
- *Statische Initialisierer haben nur Zugriff auf statische Komponenten, die im Programmcode* vor *ihnen definiert wurden.* Wenn Sie also eine statische Variable durch einen static-Block initialisieren wollen, muss der static-Block *nach* der Definition der Klassenvariable erfolgen.

Wir wollen diese Regeln nun berücksichtigen und unsere Konstante initialisieren. Hierzu erzeugen wir einen static-Block, den wir (um bezüglich der Reihenfolge auf Nummer sicher zu gehen) an das Ende unserer Klassendefinition setzen:

```
/* ========================
   STATISCHE INITIALISIERUNG
   ========================
 */

static {
  // Erzeuge das PHANTOM-Objekt
  PHANTOM = new Student(1735);
  PHANTOM.name = "Erik le Phant";
  PHANTOM.nummer = -12345;
  // Setze den Zaehler wieder zurueck
  zaehler = 0;
}
```

Gehen wir nun die einzelnen Zeilen unseres statischen Initialisierers genauer durch. In der ersten Zeile

```
PHANTOM = new Student(1735);
```

haben wir mit Hilfe des **new**-Operators ein neues Studentenobjekt (mit Geburtsdatum 1735) erzeugt und der Konstante `PHANTOM` zugewiesen. Unsere Konstante ist somit belegt und kann nicht mehr verändert werden.
In der folgenden Zeile werden wir nun anscheinend gegen diesen Grundsatz verstoßen. Wir nutzen unseren direkten Zugriff auf die private Instanzvariable `name` aus und setzen ihren Inhalt auf den Namen „Erik le Phant“:

```
PHANTOM.name = "Erik le Phant";
```

Haben wir somit gegen das Gesetz, finale Variablen nicht mehr verändern zu können, verstoßen? Die Antwort lautet *nein*, und ihre Begründung liegt wieder einmal in dem Umstand, dass es sich bei Klassen um Referenzdatentypen handelt.

In unserer finalen Variablen `PHANTOM` steht nämlich nicht das Objekt selbst, sondern eine *Referenz*, also ein Verweis auf das tatsächliche Objekt. Diese Referenz ist konstant, das heißt, unsere Variable wird immer auf ein und dasselbe Studentenobjekt verweisen. Das Objekt selbst ist jedoch ein ganz „normaler“ Student und kann als solcher von uns auch manipuliert[12] werden.
In der folgenden Zeile nutzen wir unseren Zugriff auf private Komponenten aus, um den Wert der Matrikelnummer auf -12345 zu setzen:

```
PHANTOM.nummer = -12345;
```

Da wir hierbei den Wert der Variablen direkt setzen, also nicht über die set-Methode gehen, wird die `validate`-Methode für unsere Variable `nummer` nicht aufgerufen. Wir können den Inhalt unserer Variablen somit ungestört auf einen (eigentlich nicht erlaubten) Wert setzen.
Nun kümmern wir uns noch um den statischen Objektzähler. Dass der **`new`**-Operator unsere Variable `zaehler` auf den Wert 1 gesetzt hat, konnten wir nicht verhindern. Wir machen dies im Nachhinein jedoch wieder rückgängig, indem wir unseren Objektzähler einfach wieder auf null setzen:

```
zaehler = 0;
```

Wir haben innerhalb weniger Zeilen einen statischen Initialisierer geschaffen, der

1. die Konstante `Student.PHANTOM` automatisch initialisiert, sobald die Klasse benutzt wird,
2. die Matrikel`nummer` auf den (eigentlich inkorrekten) Wert -12345 setzt und somit die automatische Prüfung umgeht und
3. den `zaehler` wieder zurücksetzt, sodass unser Phantom in der Objektzählung nicht erscheint.

Unsere Probleme sind also gelöst.

7.4.4 Der Mechanismus der Objekterzeugung

Wir haben in den letzten Abschnitten verschiedene Mechanismen kennengelernt, um Klassen- und Instanzvariablen mit Werten zu belegen. Unsere Konstruktoren spielen hierbei eine wichtige Rolle, sind aber nicht die einzigen wichtigen Bestandteile des Instanziierungsprozesses. Wenn wir beispielsweise unserer Variablen `name` in ihrer Definition

```
private String name = "DummyStudent";
```

einen Initialisierer hinzufügen und ferner im Konstruktor die Zeile

```
this.name = "Namenlos";
```

hinzufügen – auf welchen Wert wird unser Studentenname bei der Initialisierung dann gesetzt? Ist er dann „Namenlos“ oder ein „DummyStudent“?

[12] Natürlich lehnen wir jegliche Manipulation von Studierenden grundsätzlich ab. Das Beispiel dient lediglich zu Ausbildungszwecken und erfolgt auch nur an unserem Phantom.

Um diese Frage beantworten zu können, sollte man (zumindest in groben Zügen) den Mechanismus verstehen, mit dem unsere Objekte erzeugt werden. Wir werden uns deshalb in diesem Abschnitt näher damit beschäftigen. Zu diesem Zweck betrachten wir zwei einfache Klassen, die in Abbildung 7.6 skizziert sind.

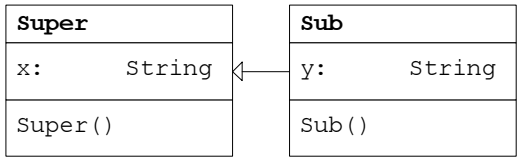


Abbildung 7.6: Beispielklassen für Abschnitt 7.4.4

Die Klassen `Super` und `Sub` stehen in einer verwandtschaftlichen Beziehung zueinander: `Sub` ist die Subklasse von `Super`. Sie erbt somit deren Eigenschaften, das heißt in diesem Fall die öffentliche Instanzvariable `x`. Ferner wird in `Sub` eine zweite Instanzvariable namens `y` definiert, die also die Funktionalität der Superklasse um ein weiteres Datum ergänzt. Im Folgenden werden wir uns mit der Frage beschäftigen, welche Aktionen innerhalb des Systems beim Aufruf eines Konstruktors[13] der Subklasse in der Form

```
new Sub();
```

ausgelöst werden.
Wir betrachten erst einmal die Theorie. Ein Objekt wird vom System in den folgenden Schritten angelegt:

1. Das System organisiert Speicherplatz, um den Inhalt sämtlicher Instanzvariablen abspeichern zu können, die innerhalb des Objektes benötigt werden. In unserem Fall wären das für ein `Sub`-Objekt also die Variablen `x` und `y`. Sollte nicht genug Speicher vorhanden sein, entsteht ein sogenannter `OutOfMemory`-Fehler, der das gesamte Java-System zum Absturz bringen kann. In Ihren Programmen wird dies aber normalerweise nicht der Fall sein.

2. Die Instanzvariablen werden mit ihren Standardwerten (Default-Werten, gemäß Tabelle 7.2) belegt.

3. Der Konstruktor wird mit den übergebenen Werten aufgerufen. Hierbei wird in Java nach dem folgenden System vorgegangen:

   (a) Ist die erste Anweisung des Konstruktorrumpfes *kein* Aufruf eines anderen Konstruktors (also weder **`this`**`(...)` noch **`super`**`(...)`), so wird implizit der Aufruf des Standard-Konstruktors der direkten Superklasse

[13] Die Konstruktoren werden im UML-Diagramm wie Methoden dargestellt, allerdings lässt man den Rückgabetyp weg. Jede unserer beiden Klassen besitzt also einen argumentlosen Konstruktor.

Tabelle 7.2: Default-Werte von Instanzvariablen

Datentyp	Standardwert
byte	(**byte**)0
short	(**short**)0
int	0
long	0L
float	0.0f
double	0.0d
char	(**char**)0
boolean	**false**
Referenzdatentyp	**null**

super() ergänzt und auch aufgerufen. Unmittelbar nach diesem impliziten Aufruf werden alle in der Klasse mit Initialisierern deklarierten Instanzvariablen mit den entsprechenden Werten initialisiert. Haben wir etwa in unserer Klasse `Sub` die Variable `y` in der Form

```
public String y = "vor Sub-Konstruktor";
```

definiert, lautet der Wert von `y` nun also `vor Sub-Konstruktor`. Erst danach werden die restlichen Anweisungen des Konstruktorrumpfes ausgeführt. Auf das Schlüsselwort **super** gehen wir im nächsten Kapitel noch genauer ein.

(b) Ist die erste Anweisung innerhalb des Konstruktorrumpfes von der Form **super**(...), wird der entsprechende Konstruktor der direkten Superklasse aufgerufen. Danach werden alle in der Klasse mit Initialisierern deklarierten Instanzvariablen mit den entsprechenden Werten initialisiert und die restlichen Anweisungen des Konstruktorrumpfes ausgeführt.

(c) Ist die erste Anweisung innerhalb des Konstruktorrumpfes von der Form **this**(...), wird der entsprechende Konstruktor derselben Klasse aufgerufen. Danach sind alle in der Klasse mit Initialisierern deklarierten Instanzvariablen bereits initialisiert, und es werden nur noch die restlichen Anweisungen des Konstruktorrumpfes ausgeführt.

Wir werden diese Regeln nun an unserem konkreten Beispiel anzuwenden versuchen. Hierfür werfen wir zunächst einen Blick auf die Definition unserer beiden Klassen in Java:

```
1 public class Super {
2
3   /** Eine oeffentliche Instanzvariable */
4   public String x = "vor Super-Konstruktor";
5
6   /** Ein argumentloser Konstruktor */
7   public Super() {
8     System.out.println("Super-Konstruktor gestartet.");
9     System.out.println("x = " + x);
```

```
10      x = "nach Super-Konstruktor";
11      System.out.println("Super-Konstruktor beendet.");
12      System.out.println("x = " + x);
13    }
14  }
```

Unsere Klasse `Sub` leitet sich hierbei von der Klasse `Super` ab, was wir in Java durch das Schlüsselwort **`extends`** zum Ausdruck bringen. Der restliche Aufbau der Klasse ergibt sich auch aus dem dazugehörigen UML-Diagramm 7.6:

```
1  public class Sub extends Super {
2
3    /** Eine weitere oeffentliche Instanzvariable */
4    public String y = "vor Sub-Konstruktor";
5
6    /** Ein argumentloser Konstruktor */
7    public Sub() {
8      System.out.println("Sub-Konstruktor gestartet.");
9      System.out.println("x = " + x);
10     System.out.println("y = " + y);
11     x = "nach Sub-Konstruktor";
12     y = "nach Sub-Konstruktor";
13     System.out.println("Sub-Konstruktor beendet.");
14     System.out.println("x = " + x);
15     System.out.println("y = " + y);
16   }
17 }
```

Wenn wir nach dem allgemeinen Muster vorgehen, unterteilt sich der Instanzierungsvorgang in verschiedene Schritte. Wir haben den Ablauf in neun Einzelschritte zerlegt, die in Abbildung 7.7 grafisch dargestellt sind:

1. Im Speicher wird Platz für ein Objekt der Klasse `Sub` reserviert. Es werden die Instanzvariablen `x` und `y` angelegt und mit den Default-Werten initialisiert.
2. Der Konstruktor wird aufgerufen. Da wir in unserem Code nicht explizit mit **`super`** gearbeitet haben, ruft das System automatisch den argumentlosen Konstruktor der Superklasse auf. Bei dessen Ablauf wird zunächst (automatisch) die Variable `x` initialisiert.
3. Im weiteren Ablauf des Super-Konstruktors wird eine Meldung auf dem Bildschirm ausgegeben (durch Zeile 8 und 9 im Programmcode).
4. Danach wird der Inhalt der Variable `x` auf den Wert „nach Super-Konstruktor“ gesetzt.
5. Bevor der Konstruktor der Superklasse beendet wird, gibt er eine entsprechende Meldung auf dem Bildschirm aus (Zeile 11 bis 12). Der Konstruktor der Superklasse wurde ordnungsgemäß beendet.
6. Nun wird der Konstruktor der Klasse `Sub` fortgesetzt mit der (automatischen) Initialisierung von `y`, d. h. die Variable wird auf „vor Sub-Konstruktor“ gesetzt.

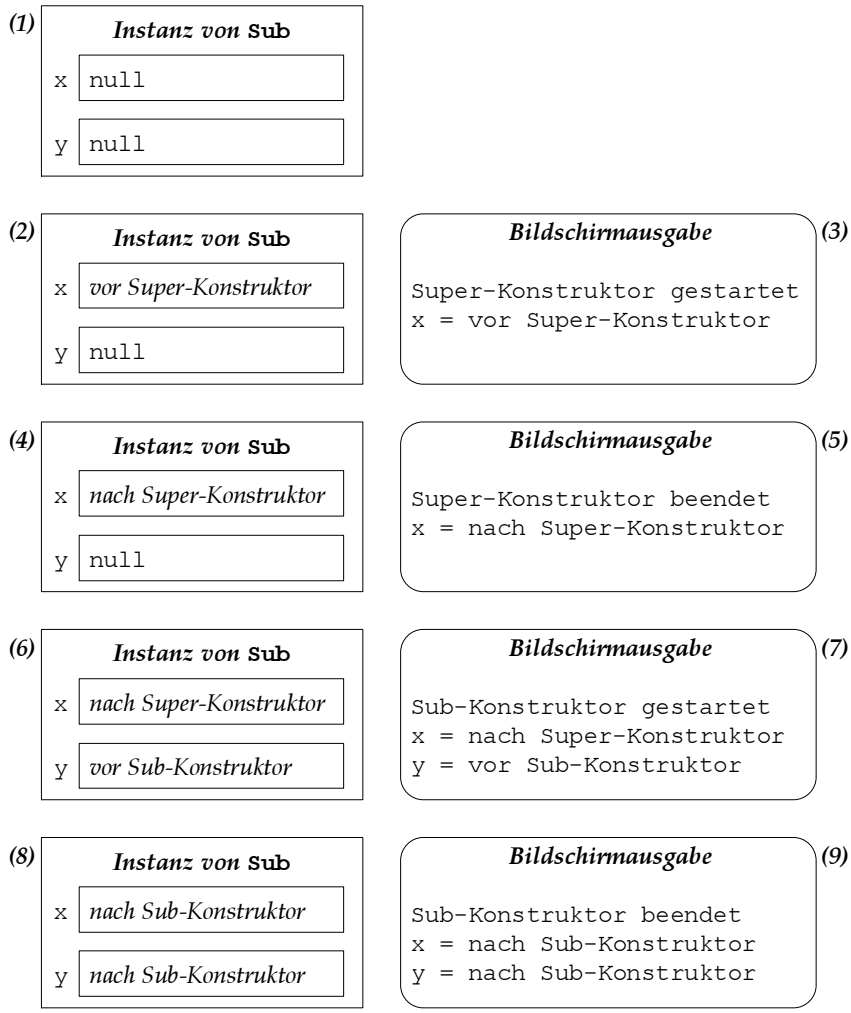


Abbildung 7.7: Instanziierungsprozess von Sub- und Superklasse

7. Nun erfolgt die eigentliche Ausführung unseres Konstruktors der Klasse `Sub`. Zu Beginn des Konstruktors wird eine entsprechende Meldung ausgegeben; die Variablen `x` und `y` haben die Werte „nach Super-Konstruktor“ bzw. „vor Sub-Konstruktor“.
8. Zuletzt werden die Variablen `x` und `y` wiederum auf einen neuen Wert gesetzt (Zeile 11 und 12 im Programmtext der Klasse `Sub`).
9. In der anschließenden Bildschirmausgabe wird uns diese Veränderung bestätigt.

Die komplette Ausgabe unseres Programms lautet also wie folgt:

Konsole

```
Super-Konstruktor gestartet.
x = vor Super-Konstruktor
Super-Konstruktor beendet.
x = nach Super-Konstruktor

Sub-Konstruktor gestartet.
x = nach Super-Konstruktor
y = vor Sub-Konstruktor
Sub-Konstruktor beendet.
x = nach Sub-Konstruktor
y = nach Sub-Konstruktor
```

Wie wir sehen, haben unsere Variablen während des Instanziierungsprozesses bis zu drei verschiedene Werte angenommen. Wir können diese Zahl beliebig steigern, indem wir die Zahl der sich voneinander ableitenden Klassen erhöhen. In jeder Superklasse können wir einen Konstruktor definieren, der den Wert einer Instanzvariable verändert.
Im Allgemeinen ist es natürlich nicht sinnvoll, seine Programme auf diese Weise zu verfassen – der Quelltext wird dann unleserlich und ist schwer nachzuvollziehen. Das Wissen um den Instanziierungsprozess hilft uns jedoch weiter, um etwa die Eingangsfrage unseres Abschnitts bezüglich der Klasse `Student` beantworten zu können. Machen Sie sich anhand der Regeln klar, warum die richtige Antwort „Namenlos“ lautet.

7.5 Zusammenfassung

Wir haben anhand eines einfachen Anwendungsfalles – der Klasse `Student` – die grundlegenden Mechanismen kennengelernt, um in Java mit Klassen umzugehen. Wir haben Instanzvariablen und Instanzmethoden kennengelernt – Variablen und Methoden also, die direkt einem Objekt zugeordnet sind. Dieses neue Konzept stand im Gegensatz zu unserer bisherigen Vorgehensweise, Methoden als statische Komponenten einer Klasse zu erklären. Die Verwendung dieser statischen Komponenten, also Klassenvariablen und Klassenmethoden, haben wir dennoch nicht vollständig verworfen, sondern anhand eines einfachen Beispiels (der Variablen `zaehler`) ihren praktischen Nutzen in der Objektorientierung demonstriert.
Wir haben die Schlüsselworte **`public`** und **`private`** kennengelernt, mit deren Hilfe wir Teile einer Klasse öffentlich machen oder vor der Außenwelt verstecken konnten. Dabei haben wir gelernt, wie man dem Prinzip der Datenkapselung entspricht, indem wir Variablen privat deklariert und Lese- und Schreibzugriff über entsprechende (öffentliche) Methoden gewährt haben. Auf diese Weise war es uns beispielsweise möglich, Benutzereingaben wie die Matrikelnummer automatisch auf ihre Gültigkeit zu überprüfen.

Zum Schluss haben wir uns in diesem Kapitel sehr intensiv mit dem Entstehungsprozess eines Objektes beschäftigt. Wir haben gelernt, wie man mit Konstruktoren dynamische Teile eines Objektes initialisiert und wie man **`static`**-Blöcke einsetzt, um statische Komponenten und Konstanten mit Werten zu belegen. Ferner haben wir uns mit dem Überladen von Konstruktoren befasst und an einem konkreten Beispiel erfahren, wie das Zusammenspiel von Initialisierern und Konstruktoren in Sub- und Superklasse funktioniert.

7.6 Übungsaufgaben

Aufgabe 7.1

Fügen Sie der Klasse `Student` einen weiteren Konstruktor hinzu. In diesem Konstruktor soll man in der Lage sein, alle Instanzvariablen (Name, Nummer, Fach, Geburtsjahr) als Argumente zu übergeben. Erhöhen Sie den Zähler hierbei nicht selbst, sondern verwenden Sie das Schlüsselwort **`this`**, um einen der bereits vorhandenen Konstruktoren aufzurufen. Übergeben Sie diesem Konstruktor auch das gewünschte Geburtsjahr.

Aufgabe 7.2

Fügen Sie der Klasse `Student` eine weitere private Instanzvariable `geschlecht` sowie finale Klassenvariablen `WEIBLICH` und `MAENNLICH` hinzu, sodass beim Arbeiten mit Objekten der Klasse `Student` explizit zwischen weiblichen und männlichen Studierenden unterschieden werden kann. Fügen Sie der Klasse `Student` weitere Konstruktoren hinzu, die diese neuen Variablen berücksichtigen. Verwenden Sie auch hier mit Hilfe des Schlüsselworts **`this`** bereits vorhandene Konstruktoren.

Aufgabe 7.3

Wir nehmen an, dass alle Karlsruher Hochschulen über ein besonderes System verfügen, um Matrikelnummern auf Korrektheit zu überprüfen:

- Zuerst wird die (als siebenstellig festgelegte) Zahl in ihre Ziffern $Z_1, Z_2 \ldots Z_7$ aufgeteilt; für die Matrikelnummer 0848600 wäre also etwa

$$Z_1 = 0,\ Z_2 = 8,\ Z_3 = 4,\ Z_4 = 8,\ Z_5 = 6,\ Z_6 = 0,\ Z_7 = 0.$$

- Nun wird eine spezielle „gewichtete Quersumme“ Σ der Form

$$\Sigma = Z_1 \cdot 2 + Z_2 \cdot 1 + Z_3 \cdot 4 + Z_4 \cdot 3 + Z_5 \cdot 2 + Z_6 \cdot 1$$

  gebildet.
- Die Matrikelnummer ist genau dann gültig, wenn die letzte Ziffer der Matrikelnummer (also Z_7) mit der letzten Ziffer der Quersumme Σ übereinstimmt.

Sie sollen nun eine spezielle Klasse `KarlsruherStudent` entwickeln, die lediglich Zahlen als Matrikelnummern zulässt, die diese Prüfung bestehen. Beginnen Sie zu diesem Zweck mit folgendem Ansatz:

```
1 /** Ein Student einer Karlsruher Hochschule */
2 public class KarlsruherStudent extends Student {
3
4 }
```

Die Klasse leitet sich wegen des Schlüsselworts **`extends`** von unserer allgemeinen Klasse `Student` ab, erbt somit also auch alle Variablen und Methoden. Gehen Sie nun in zwei Schritten vor, um unsere Klasse zu vervollständigen:

a) Im Moment haben wir bei der neuen Klasse nicht die Möglichkeit, das Geburtsjahr zu setzen (machen Sie sich klar, warum). Aus diesem Grund verfassen Sie einen Konstruktor, dem man das Geburtsjahr als Argument übergeben kann. Da Sie keinen Zugriff auf die privaten Instanzvariablen haben, müssen Sie hierzu den entsprechenden Konstruktor der Superklasse aufrufen.

b) Überschreiben Sie die `validateNummer`-Methode so, dass diese die Prüfung gemäß dem Karlsruher System durchführt. Aufgrund der Polymorphie wird die neue Methode das Original in allen Karlsruher Studentenobjekten ersetzen. Da die set-Methode jedoch die Validierung verwendet, haben wir die Wertzuweisung automatisch dem neuen System angepasst.

   Hinweis: Das Aufspalten einer Zahl in ihre Einzelziffern haben wir in diesem Buch schon an mehreren Stellen besprochen. Verwenden Sie bereits vorhandene Algorithmen, und sparen Sie sich somit den Aufwand einer Neuentwicklung.

Aufgabe 7.4

Vervollständigen Sie den nachfolgenden Lückentext mit Angaben, die sich auf die Klassen `Klang`, `Krach` und `Musik` beziehen, die am Ende dieser Aufgabe angegeben sind:

a) Die Klasse ... ist Superklasse der Klasse ....

b) Die Klasse ... erbt von der Klasse ... die Variable(n) ....

c) In den drei Klassen gibt es die Instanzvariable(n) ....

d) In den drei Klassen gibt es die Klassenvariable(n) ....

e) Auf die Variable(n) ... der Klasse `Klang` kann in der Klasse `Krach` und in der Klasse `Musik` zugegriffen werden.

f) Auf die Variable(n) ... der Klasse `Krach` hat keine andere Klasse Zugriff.

g) Die Variable(n) ... hat/haben in allen Instanzen der Klasse `Krach` den gleichen Wert.

h) Der Konstruktor der Klasse `Klang` wird in den Zeilen ... aufgerufen.

i) Die Methode `mehrPower` der Klasse `Klang` wird in den Zeilen ... bis ... überschrieben und in den Zeilen ... bis ... überladen.

j) Die Methode `mehrPower`, die in den Zeilen ... bis ... definiert ist, wird in Zeile ... und in Zeile ... aufgerufen.

k) Die Methode `mehrPower`, die in den Zeilen ... bis ... definiert ist, wird in Zeile ... aufgerufen.

l) Die Methode `mehrPower`, die in den Zeilen ... bis ... definiert ist, wird in ... aufgerufen.

m) Die Methode `toString`, die in den Zeilen 7 bis 9 definiert ist, wird in ... aufgerufen.

n) Die Methoden ... sind Instanzmethoden.

Auf die nachfolgenden Klassen sollen sich Ihre Antworten beziehen:

```
1  public class Klang {
2    public int baesse, hoehen;
3    public Klang(int b, int h) {
4      baesse = b;
5      hoehen = h;
6    }
7    public String toString () {
8      return "B:" + baesse + " H:" + hoehen;
9    }
10   public void mehrPower (int b) {
11     baesse += b;
12   }
13 }
14 public class Krach extends Klang {
15   private int rauschen, lautstaerke;
16   public static int grundRauschen = 4;
17   public Krach (int l, int b, int h) {
18     super(b,h);
19     lautstaerke = l;
20     rauschen = grundRauschen;
21   }
22   public void mehrPower (int b) {
23     baesse += b;
24     if (baesse > 10) {
25       lautstaerke -= 1;
26     }
27   }
28   public void mehrPower (int l, int b) {
29     lautstaerke += l;
30     this.mehrPower(b);
31   }
32 }
33 public class Musik {
34   public static void main (String[] args) {
35     Klang k = new Klang(1,5);
36     Krach r = new Krach(4,17,30);
37     System.out.println(r);
```

```
38      r.mehrPower(3);
39      r.mehrPower(2,2);
40    }
41  }
```

Aufgabe 7.5

Gegeben seien die folgenden Java-Klassen:

```
1  class Maus {
2    Maus() {
3      System.out.println("Maus");
4    }
5  }
6
7  class Katze {
8    Katze() {
9      System.out.println("Katze");
10   }
11 }
12
13 class Ratte extends Maus {
14   Ratte() {
15     System.out.println("Ratte");
16   }
17 }
18
19 class Fuchs extends Katze {
20   Fuchs() {
21     System.out.println("Fuchs");
22   }
23 }
24
25 class Hund extends Fuchs {
26   Maus m = new Maus();
27   Ratte r = new Ratte();
28   Hund() {
29     System.out.println("Hund");
30   }
31   public static void main(String[] args) {
32     new Hund();
33   }
34 }
```

Geben Sie an, was beim Start der Klasse `Hund` ausgegeben wird.

Aufgabe 7.6

Gegeben seien die folgenden Klassen:

```
1  class Eins {
2    public long f;
3    public static long g = 2;
4    public Eins (long f) {
5      this.f = f;
```

```
6     }
7     public Object clone() {
8       return new Eins(f + g);
9     }
10  }
11
12  class Zwei {
13    public Eins h;
14    public Zwei (Eins eins) {
15      h = eins;
16    }
17    public Object clone() {
18      return new Zwei(h);
19    }
20  }
21
22  public class TestZwei {
23    public static void main (String[] args) {
24      Eins e1 = new Eins(1), e2;
25      Zwei z1 = new Zwei(e1), z2;
26      System.out.print  (Eins.g + "-");
27      System.out.println(z1.h.f);
28      e2 = (Eins) e1.clone();
29      z2 = (Zwei) z1.clone();
30      e1.f = 4;
31      Eins.g = 5;
32      System.out.print  (e2.f + "-");
33      System.out.print  (e2.g + "-");
34      System.out.print  (z1.h.f + "-");
35      System.out.print  (z2.h.f + "-");
36      System.out.println(z2.h.g);
37    }
38  }
```

Geben Sie an, was beim Aufruf der Klasse `TestZwei` ausgegeben wird.

Aufgabe 7.7

Die folgenden sechs Miniaturprogramme haben alle ein und denselben Sinn. Sie definieren eine Klasse, die eine private Instanzvariable besitzt, die bei der Instanziierung gesetzt werden soll. Mit Hilfe einer `toString`-Methode kann ein derart erzeugtes Objekt (in der `main`-Methode) auf dem Bildschirm ausgegeben werden. Von diesen sechs Programmen sind zwei jedoch dermaßen verkehrt, dass sie beim Übersetzen einen Compilierungsfehler erzeugen. Drei weitere Programme beinhalten logische Fehler, die der Compiler zwar nicht erkennen kann, die aber bei Ablauf des Programms zutage treten. Finden Sie das eine funktionierende Programm, *ohne* die Programme in den Computer einzugeben. Begründen Sie bei den anderen Programmen jeweils, warum sie nicht funktionieren:

```
1  public class Fehler1 {
2
3    /** Private Instanzvariable */
4    private String name;
```

```
5
6     /** Konstruktor */
7     public Fehler1(String name) {
8       name = name;
9     }
10
11    /** String-Ausgabe */
12    public String toString() {
13      return "Name = " + name;
14    }
15
16    /** Hauptprogramm */
17    public static void main(String[] args) {
18      System.out.println(new Fehler1("Testname"));
19    }
20
21  }
```

```
1   public class Fehler2 {
2
3     /** Private Instanzvariable */
4     private String name;
5
6     /** Konstruktor */
7     public Fehler2(String name) {
8       this.name = name;
9     }
10
11    /** String-Ausgabe */
12    public String tostring() {
13      return "Name = " + name;
14    }
15
16    /** Hauptprogramm */
17    public static void main(String[] args) {
18      System.out.println(new Fehler2("Testname"));
19    }
20
21  }
```

```
1   public class Fehler3 {
2
3     /** Private Instanzvariable */
4     private String name;
5
6     /** Konstruktor */
7     public Fehler3(String nom) {
8       name = nom;
9     }
10
11    /** String-Ausgabe */
12    public String toString() {
13      return "Name = " + name;
14    }
15
16    /** Hauptprogramm */
```

```
17    public static void main(String[] args) {
18      System.out.println(new Fehler2("Testname"));
19    }
20
21  }
```

```
1   public class Fehler4 {
2
3     /** Private Instanzvariable */
4     private String name;
5
6     /** Konstruktor */
7     public Fehler4(String nom) {
8       name = nom;
9     }
10
11    /** String-Ausgabe */
12    public String toString() {
13      return "Name = " + name;
14    }
15
16    /** Hauptprogramm */
17    public static void main(String[] args) {
18      System.out.println(new Fehler4("Testname"));
19    }
20
21  }
```

```
1   public class Fehler5 {
2
3     /** Private Instanzvariable */
4     private String name;
5
6     /** Konstruktor */
7     public void Fehler5(String name) {
8       this.name = name;
9     }
10
11    /** String-Ausgabe */
12    public String toString() {
13      return "Name = " + name;
14    }
15
16    /** Hauptprogramm */
17    public static void main(String[] args) {
18      System.out.println(new Fehler5("Testname"));
19    }
20
21  }
```

```
1   public class Fehler6 {
2
3     /** Private Instanzvariable */
4     private String name;
5
6     /** Konstruktor */
7     public Fehler6(String nom) {
```

```
8       name = nom;
9     }
10
11    /** String-Ausgabe */
12    public String toString() {
13      return "Name = " + name;
14    }
15
16    /** Hauptprogramm */
17    public static void main(String[] args) {
18      Fehler6 variable = new Fehler6();
19      variable.name = "Testname";
20      System.out.println(variable);
21    }
22  }
```

Aufgabe 7.8

Es sei folgende einfache Klasse gegeben, die zur Speicherung von Daten über Tennisspieler (zum Beispiel bei einem Turnier) verwendet werden könnte.

```
1  public class TennisSpieler {
2    public String name;                    // Name des Spielers
3    public int alter;                      // Alter in Jahren
4    public int altersDifferenz (int alter) {
5      return Math.abs(alter - this.alter);
6    }
7  }
```

a) Erläutern Sie den Aufbau der Klasse grafisch.

b) Was passiert durch die nachfolgenden Anweisungen?

```
TennisSpieler maier;
maier = new TennisSpieler();
```

Warum benötigt man die zweite Anweisung überhaupt?

c) Erläutern Sie die Bedeutung der `this`-Referenz grafisch und anhand der Methode `altersDifferenz`.

d) Wie erfolgt der Zugriff auf die Daten (Variablen) und Methoden der Klasse?

e) Was versteht man unter einem Konstruktor, und wie würde ein geeigneter Konstruktor für die Klasse `TennisSpieler` aussehen? Wenn Sie die Klasse um diesen Konstruktor ergänzen, ist dann die Anweisung

```
TennisSpieler maier = new TennisSpieler();
```

noch zulässig?

f) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Instanzvariablen und Klassenvariablen.

g) Erweitern Sie die Klasse `TennisSpieler` um eine Instanzvariable namens `verfolger`, die eine Referenz auf einen weiteren Tennisspieler (den unmittelbaren Verfolger in der Weltrangliste) darstellt, und um eine Instanzvariable

`startNummer`, die es ermöglicht, allen Tennisspielern (z. B. bei der Erzeugung eines neuen Objektes für eine Teilnehmerliste eines Turniers) eine (eindeutige) ganzzahlige Nummer zuzuordnen.

h) Erweitern Sie die Klasse `TennisSpieler` um eine Klassenvariable namens `folgeNummer`, die die jeweils nächste zu vergebende Startnummer enthält.

i) Modifizieren Sie den Konstruktor der Klasse `TennisSpieler` so, dass er jeweils eine entsprechende Startnummer vergibt und die Klassenvariable `folgeNummer` jeweils erhöht. Geben Sie auch eine Überladung dieses Konstruktors an, die es ermöglicht, bei der Objekterzeugung auch noch den Verfolger in der Weltrangliste anzugeben.

j) Wie verändert sich der Wert der Variablen `startNummer` und `folgeNummer` in den Objekten `maier`, `schmid` und `berger` mit den nachfolgenden Anweisungen?

```
TennisSpieler maier  = new TennisSpieler("H. Maier", 68);
TennisSpieler schmid = new TennisSpieler("G. Schmid", 45, maier);
TennisSpieler berger = new TennisSpieler("I. Berger", 36, schmid);
```

k) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Instanzmethoden und Klassenmethoden.

l) Erweitern Sie die Klasse `TennisSpieler` um eine Instanzmethode namens `istLetzter`, die genau dann den Wert **`true`** liefert, wenn das Tennisspieler-Objekt keinen Verfolger in der Weltrangliste hat.

m) Erweitern Sie die Klasse `TennisSpieler` um die Instanzmethode

```
public String toString () {
  String printText = name + " (" + startNummer + ")";
  if (verfolger != null)
    printText = printText + " liegt vor " + verfolger.toString();
  return printText;
}
```

die es ermöglicht, dass man Objekte der Klasse innerhalb von Zeichenkettenausdrücken (also auch in Ausgabeanweisungen) mit + verknüpfen bzw. automatisch nach String wandeln lassen kann. Was würden die Zeilen

```
System.out.println(maier);
System.out.println(schmid);
System.out.println(berger);
```

ausgeben?

n) Wie kann man vermeiden, dass ein(e) Programmierer(in) bei der Bearbeitung der Objekte der Klasse `TennisSpieler` die (von den Konstruktoren automatisch generierten) Startnummern überschreibt? Wie lässt sich dann trotzdem lesender Zugriff auf die Startnummern ermöglichen?

Aufgabe 7.9

Schreiben Sie eine Klasse `Mensch`, die *private* Instanzvariablen beinhaltet, um eine laufende Nummer (**`int`**), den Vornamen (`String`), den Nachnamen (`String`), das Alter (**`int`**) und das Geschlecht (**`boolean`**, mit **`true`** für männlich) eines Menschen zu speichern. Außerdem soll die Klasse eine private Klassenvariable namens `gesamtZahl` (zur Information über die Anzahl der bereits erzeugten Objekte der Klasse) beinhalten, die mit dem Wert 0 zu initialisieren ist.
Statten Sie die Klasse mit einem Konstruktor aus, der als Parameter das Alter als **`int`**-Wert, das Geschlecht als **`boolean`**-Wert und den Vor- und Nachnamen als `String`-Werte übergeben bekommt und die entsprechenden Instanzvariablen des Objekts mit diesen Werten belegt. Außerdem soll der Objektzähler `gesamtZahl` um 1 erhöht und danach die laufende Nummer des Objekts auf den neuen Wert von `gesamtZahl` gesetzt werden.
Statten Sie die Klasse außerdem mit folgenden Instanzmethoden aus:

a) **`public int`** `getAlter()`
Diese Methode soll das Alter des Objekts zurückliefern.

b) **`public void`** `setAlter(`**`int`** `neuesAlter)`
Diese Methode soll das Alter des Objekts auf den Wert `neuesAlter` setzen.

c) **`public boolean`** `getIstMaennlich()`
Diese Methode soll den **`boolean`**-Wert (die Angabe des Geschlechts) des Objekts zurückliefern.

d) **`public boolean`** `aelterAls(Mensch m)`
Wenn das Alter des Objekts größer ist als das Alter von `m`, soll diese Methode den Wert **`true`** zurückliefern, andernfalls den Wert **`false`**.

e) **`public`** `String toString()` Diese Methode soll eine Zeichenkette zurückliefern, die sich aus dem Vornamen, dem Nachnamen, dem Alter, dem Geschlecht und der laufenden Nummer des Objekts zusammensetzt.

Zum Test Ihrer Klasse `Mensch` können Sie eine einfache Klasse `TestMensch` schreiben, die mit Objekten der Klasse `Mensch` arbeitet und den Konstruktor und alle Methoden der Klasse `Mensch` testet. Testen Sie dabei auch,

- ob der Compiler wirklich Zugriffe auf die privaten Instanzvariablen verweigert und
- ob der Compiler für ein Objekt `m` der Klasse `Mensch` tatsächlich bei einer Anweisung

  ```
  System.out.println(m);
  ```

  automatisch die `toString()`-Methode aufruft!

Aufgabe 7.10

Ein Punkt p in der Ebene mit der Darstellung $p = (x_p, y_p)$ besitzt die x-Koordinate x_p und die y-Koordinate y_p. Die Strecke $\overline{pq}$ zwischen zwei Punkten $p = (x_p, y_p)$ und $q = (x_q, y_q)$ hat nach Pythagoras die Länge $L(\overline{pq}) = \sqrt{(x_q - x_p)^2 + (y_q - y_p)^2}$ (siehe auch Abbildung 7.8).

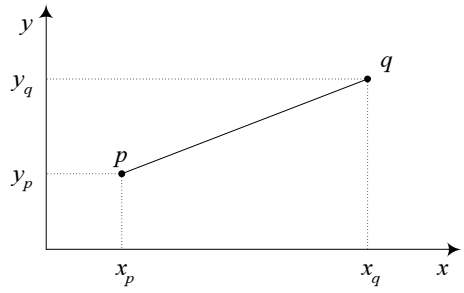


Abbildung 7.8: Definition einer Strecke

Unter Verwendung der objektorientierten Konzepte von Java soll in einem Programm mit solchen Punkten und Strecken in der Ebene gearbeitet werden. Dazu sollen

- eine Klasse `Punkt` zur Darstellung und Bearbeitung von Punkten,
- eine Klasse `Strecke` zur Darstellung und Bearbeitung von Strecken und
- eine Klasse `TestStrecke` für den Test bzw. die Anwendung dieser beiden Klassen

implementiert werden. Gehen Sie wie folgt vor:

a) Implementieren Sie die Klasse `Punkt` mit zwei privaten Instanzvariablen `x` und `y` vom Typ **`double`**, die die x- und y-Koordinaten eines Punktes repräsentieren, und statten Sie die Klasse `Punkt` mit Konstruktoren und Instanzmethoden aus. Schreiben Sie

   - einen Konstruktor mit zwei **`double`**-Parametern (die x- und y-Koordinaten des Punktes),
   - eine Methode `getX()`, die die x-Koordinate des Objekts zurückliefert,
   - eine Methode `getY()`, die die y-Koordinate des Objekts zurückliefert,
   - eine **`void`**-Methode `read()`, die die x- und y-Koordinaten des Objekts einliest, und
   - eine `String`-Methode `toString()`, die die `String`-Darstellung des Objekts in der Form `(xStr,yStr)` zurückliefert, wobei `xStr` und `yStr` die `String`-Darstellungen der Werte von `x` und `y` sind.

b) Implementieren Sie die Klasse `Strecke` mit zwei privaten Instanzvariablen `p` und `q` vom Typ `Punkt`, die die beiden Randpunkte einer Strecke repräsentieren, und statten Sie die Klasse `Strecke` mit Konstruktoren und Instanzmethoden aus. Schreiben Sie

- einen Konstruktor mit zwei `Punkt`-Parametern (die Randpunkte der Strecke),
- eine **`void`**-Methode `read()`, die die beiden Randpunkte `p` und `q` des Objekts einliest (verwenden Sie dazu die Instanzmethode `read` der Objekte `p` und `q`),
- eine **`double`**-Methode `getLaenge()`, die (unter Verwendung der Instanzmethoden `getX` und `getY` der Randpunkte) die Länge des Strecken-Objekts berechnet und zurückliefert,
- eine `String`-Methode `toString()`, die die `String`-Darstellung des Objekts in der Form `pStr_qStr` zurückliefert, wobei `pStr` und `qStr` die `String`-Darstellungen für die Instanzvariablen p und q des Objekts sind.

c) Testen Sie Ihre Implementierung mit der folgenden Klasse:

```
1  public class TestStrecke {
2    public static void main(String[] args) {
3      Punkt ursprung = new Punkt(0.0,0.0);
4      Punkt endpunkt = new Punkt(4.0,3.0);
5      Strecke s = new Strecke(ursprung,endpunkt);
6      System.out.println("Die Laenge der Strecke " + s +
7                         " betraegt " + s.getLaenge() + ".");
8      System.out.println();
9      System.out.println("Strecke s eingeben:");
10     s.read();
11     System.out.println();
12     System.out.println("Die Laenge der Strecke " + s +
13                        " betraegt " + s.getLaenge() + ".");
14   }
15 }
```

Aufgabe 7.11

Gegeben sei die folgende Klasse:

```
1  public class AchJa {
2
3    public int x;
4    static int ach;
5
6    int ja (int i, int j) {
7      int y;
8      if ((i <= 0) || (j <= 0) || (i % j == 0) || (j % i == 0)) {
9         System.out.print(i+j);
10        return i + j;
11     }
```

```
12      else {
13         x = ja(i-2,j);
14         System.out.print(" + ");
15         y = ja(i,j-2);
16         return x + y;
17      }
18    }
19
20    public static void main (String[] args) {
21      int n = 5, k = 2;
22      AchJa so = new AchJa();
23      System.out.print("ja(" + n + "," + k + ") = ");
24      ach = so.ja(n,k);
25      System.out.println(" = " + ach);
26    }
27  }
```

a) Geben Sie an, um welche Art von Variablen es sich bei den in dieser Klasse verwendeten Variablen `x` in Zeile 3, `ach` in Zeile 4, `j` in Zeile 6, `y` in Zeile 7, `n` in Zeile 21 und `so` in Zeile 22 jeweils handelt. Verwenden Sie (sofern diese zutreffen) die Bezeichnungen Klassenvariable, Instanzvariable, lokale Variable und formale Variable (bzw. formaler Parameter).

b) Geben Sie an, was das Programm ausgibt.

c) Angenommen, die Zeile 24 würde in der Form

```
ach = ja(n,k);
```

gegeben sein. Würde der Compiler das Programm trotzdem übersetzen? Wenn nein, warum nicht?

Aufgabe 7.12

Es sei folgende einfache Klasse gegeben, die zur Speicherung von Daten über Patienten in der Aufnahme einer Arztpraxis verwendet werden könnte.

```
1  public class Patient {
2    public String name;          // Name des Patienten
3    public int alter;            // Alter (in Jahren)
4    public int altersDifferenz (int alter) {
5      return Math.abs(alter - this.alter);
6    }
7  }
```

a) Erläutern Sie den Aufbau der Klasse grafisch.

b) Was passiert durch die nachfolgenden Anweisungen?

```
Patient maier;
maier = new Patient();
```

c) Wie würde ein geeigneter Konstruktor für die Klasse `Patient` aussehen? Wenn Sie die Klasse um diesen Konstruktor ergänzen, ist dann die Anweisung

```
Patient maier = new Patient();
```

noch zulässig?

d) Erweitern Sie die Klasse `Patient` um eine Instanzvariable `vorherDran`, die eine Referenz auf einen weiteren Patienten darstellt, und um eine Instanzvariable `nummer`, die es ermöglicht, allen Patienten (z. B. bei der Erzeugung eines neuen Objektes für eine Warteliste einer Praxis) eine (eindeutige) ganzzahlige Nummer zuzuordnen.

e) Erweitern Sie die Klasse `Patient` um eine Klassenvariable `folgeNummer`, die die jeweils nächste zu vergebende Nummer enthält.

f) Modifizieren Sie den Konstruktor der Klasse `Patient` so, dass er jeweils eine entsprechende Nummer vergibt und die Klassenvariable `folgeNummer` jeweils erhöht. Geben Sie auch eine Überladung dieses Konstruktors an, die es ermöglicht, auch noch den Vorgänger in der Warteliste anzugeben.

g) Wie verändert sich der Wert der Variablen `nummer` und `folgeNummer` in den Objekten `maier`, `schmid` und `berger` mit den nachfolgenden Anweisungen?

```
Patient maier  = new Patient("H. Maier", 68);
Patient schmid = new Patient("G. Schmid", 45, maier);
Patient berger = new Patient("I. Berger", 36, schmid);
```

h) Erweitern Sie die Klasse `Patient` um eine Instanzmethode `istErster`, die genau dann den Wert **`true`** liefert, wenn das Patienten-Objekt keinen Vorgänger in der Warteliste hat.

i) Erweitern Sie die Klasse `Patient` um die Instanzmethode

```
public String toString () {
  String printText = name + " (" + nummer + ")";
  if (vorherDran != null)
    printText = printText + " kommt nach " + vorherDran.toString();
  return printText;
}
```

die es ermöglicht, dass man Objekte der Klasse innerhalb von Zeichenkettenausdrücken (also auch in Ausgabeanweisungen) mit + verknüpfen kann. Was würden die Zeilen

```
System.out.println(maier);
System.out.println(schmid);
System.out.println(berger);
```

ausgeben?

j) Wie vermeidet man, dass ein(e) Programmierer(in) bei der Bearbeitung der Objekte der Klasse `Patient` die (von den Konstruktoren automatisch generierten) Nummern überschreibt? Wie ermöglicht man dann trotzdem lesenden Zugriff auf die Identifikationsnummern?

Aufgabe 7.13

Sie sollen verschiedene Fahrzeuge mittels objektorientierter Programmierung simulieren. Dazu ist Ihnen folgende Klasse vorgegeben:

```
1  public class Reifen {
2
3    /** Reifendruck */
4    private double druck;
5
6    /** Konstruktor */
7    public Reifen (double luftdruck) {
8      druck = luftdruck;
9    }
10
11   /** Zugriffsfunktion fuer Reifendruck */
12   public double aktuellerDruck () {
13     return druck;
14   }
15 }
```

Schreiben Sie eine Klasse `Fahrzeug`, die die Klasse `Reifen` verwendet und Folgendes beinhaltet:

a) **private** Instanzvariablen

- `name` vom Typ `String` (für die Bezeichnung des Fahrzeugs),
- `anzahlReifen` vom Typ **`int`** (für die Anzahl der Reifen des Fahrzeugs),
- `reifenArt` vom Typ `Reifen` (für die Angabe des Reifentyps des Fahrzeugs) und
- `faehrt` vom Typ **`boolean`** (für die Information über den Fahrzustand des Fahrzeugs);

b) einen Konstruktor, der mit Parametern für Bezeichnung, Reifenanzahl und Reifendruck ausgestattet ist, in seinem Rumpf die entsprechenden Komponenten des Objekts belegt und außerdem das Fahrzeug in den Zustand „fährt nicht“ versetzt;

c) eine öffentliche Instanzmethode `fahreLos()`, die die Variable `faehrt` des `Fahrzeug`-Objektes auf **`true`** setzt;

d) eine öffentliche Instanzmethode `halteAn()`, die die Variable `faehrt` des `Fahrzeug`-Objektes auf **`false`** setzt;

e) eine öffentliche Instanzmethode `status()`, die einen Informations-String über Bezeichnung, Fahrzustand, Reifenzahl und Reifendruck des `Fahrzeug`-Objektes auf den Bildschirm ausgibt.

Aufgabe 7.14

Schreiben Sie ein Testprogramm, das in seiner `main`-Methode zunächst ein Fahrrad (verwenden Sie Reifen mit 4.5 bar) und ein Auto (verwenden Sie Reifen mit 1.9 bar) in Form von Objekten der Klasse `Fahrzeug` erzeugt und anschließend folgende Vorgänge durchführt:

1. mit dem Fahrrad losfahren,
2. mit dem Auto losfahren,
3. mit dem Fahrrad anhalten,
4. mit dem Auto anhalten.

Unmittelbar nach jedem der vier Vorgänge soll jeweils mittels der Methode `status()` der aktuelle Fahrzustand *beider* Fahrzeuge ausgegeben werden.
Eine Ausgabe des Testprogramms sollte also etwa so aussehen:

Konsole

```
Zustand 1:
Fahrrad1 faehrt auf 2 Reifen mit je 4.5 bar
Auto1 steht auf 4 Reifen mit je 1.9 bar
Zustand 2:
Fahrrad1 faehrt auf 2 Reifen mit je 4.5 bar
Auto1 faehrt auf 4 Reifen mit je 1.9 bar
Zustand 3:
Fahrrad1 steht auf 2 Reifen mit je 4.5 bar
Auto1 faehrt auf 4 Reifen mit je 1.9 bar
Zustand 4:
Fahrrad1 steht auf 2 Reifen mit je 4.5 bar
Auto1 steht auf 4 Reifen mit je 1.9 bar
```

Aufgabe 7.15

Gegeben seien die folgenden Klassen:

```
1  public class IntKlasse {
2    public int a;
3    public IntKlasse (int a) {
4      this.a = a;
5    }
6  }
7  public class RefIntKlasse {
8    public IntKlasse x;
9    public double y;
10   public RefIntKlasse(int u, int v) {
11     x = new IntKlasse(u);
12     y = v;
13   }
14 }
```

```
15 public class KlassenTest {
16   public static void copy1 (RefIntKlasse f, RefIntKlasse g) {
17     g.x.a = f.x.a;
18     g.y   = f.y;
19   }
20   public static void copy2 (RefIntKlasse f, RefIntKlasse g) {
21     g.x = f.x;
22     g.y = f.y;
23   }
24   public static void copy3 (RefIntKlasse f, RefIntKlasse g) {
25     g = f;
26   }
27   public static void main (String args[]) {
28     RefIntKlasse p = new RefIntKlasse(5,7);
29     RefIntKlasse q = new RefIntKlasse(1,2); // Ergibt das Ausgangsbild
30     // HIER FOLGT NUN EINE KOPIERAKTION:
31     ... //***
32   }
33 }
```

Das Ausgangsbild (mit Referenzen und Werten), das sich zur Laufzeit unmittelbar vor der Kopieraktion ergibt, sieht wie in Abbildung 7.9 beschrieben aus.

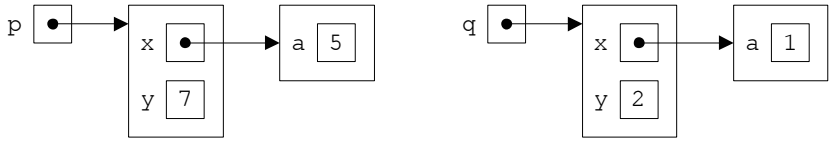


Abbildung 7.9: Ausgangsbild Aufgabe 7.15

a) Welches Bild würde sich ergeben, wenn unmittelbar vor `//***`

```
copy1(p,q);
```

stehen würde? Zeichnen Sie den Zustand inklusive der Referenzen und Werte nach der Kopieraktion.

b) Welches Bild würde sich ergeben, wenn unmittelbar vor `//***`

```
copy2(p,q);
```

stehen würde? Zeichnen Sie die Referenzen und Werte nach der Kopieraktion.

c) Welches Bild würde sich ergeben, wenn unmittelbar vor `//***`

```
copy3(p,q);
```

stehen würde? Zeichnen Sie die Referenzen und Werte nach der Kopieraktion.

d) Welches Bild würde sich ergeben, wenn unmittelbar vor `//***`

```
q = p;
```

stehen würde? Zeichnen Sie die Referenzen und Werte nach der Kopieraktion.

Aufgabe 7.16

Gegeben sei folgende Klasse zur Darstellung und Bearbeitung von runden Glasböden:

```
1  public class Glasboden {
2    private double radius;
3    public Glasboden (double r) {
4      radius = r;
5    }
6    public void verkleinern (double x) {
7      // verkleinert den Radius des Glasboden-Objekts um x
8      radius  = radius - x;
9    }
10   public double flaeche () {
11     // liefert die Flaeche des Glasboden-Objekts
12     return Math.PI * radius * radius;
13   }
14   public double umfang () {
15     // liefert den Umfang des Glasboden-Objekts
16     return 2 * Math.PI * radius;
17   }
18   public String toString() {
19     // liefert die String-Darstellung des Glasboden-Objekts
20     return "B(r=" + radius + ")";
21   }
22 }
```

a) Ergänzen Sie die fehlenden Teile der Klasse `TrinkGlas`, die ein Trinkglas durch jeweils einen Glasboden und durch eine Füllstandsangabe darstellt:

- Ergänzen Sie zwei private Instanzvariablen `boden` vom Typ `Glasboden` und `fuellStand` vom Typ **`double`** (der Boden und der Füllstand des Glases).
- Vervollständigen Sie den Konstruktor.
- Vervollständigen Sie die Methode `verkleinern`, die die Größe des `TrinkGlas`-Objekts verändert, indem der Glasboden um den Wert `x` verkleinert und der Füllstand des Glases um den Wert `x` verringert wird.
- Vervollständigen Sie die Methode `flaeche()`, die die Innenfläche (siehe Hinweis) des `TrinkGlas`-Objekts berechnet und zurückliefert.
- Vervollständigen Sie die Methode `fuellMenge()`, die die Füllmenge (siehe Hinweis) des `TrinkGlas`-Objekts berechnet und zurückliefert.
- Vervollständigen Sie die Methode `toString()`, die die `String`-Darstellung des Objekts in der Form `G(xyz,s=uvw)` zurückliefert, wobei `xyz` für die `String`-Darstellung der Instanzvariable `boden` und `uvw` für den Wert des Füllstandes des Trinkglases stehen sollen.

Hinweis: Bezeichnen F die Glasbodenfläche, U den Glasbodenumfang und s den Füllstand eines Trinkglases, so sollen die Innnenfläche I und die Füllmen-

ge M dieses Trinkglases durch

$$I = F + U \cdot s \qquad \text{und} \qquad M = F \cdot s$$

berechnet werden.

```
public class TrinkGlas {
  .
  .
  .
  .
  .
  public TrinkGlas (double fuellStand, Glasboden boden) {
    .
    .
    .
    .
  }
  public void verkleinern (double x) {
    .
    .
    .
    .
  }
  public double flaeche() {
    .
    .
    .
    .
  }
  public double fuellMenge() {
    .
    .
    .
    .
  }
  public String toString() {
    .
    .
    .
    .
  }
}
```

b) Ergänzen Sie die nachfolgende Klasse `TesteTrinkGlas`. In deren `main`-Methode soll zunächst ein Trinkglas `g` aus einem Glasboden `b` mit Radius 100 und Füllstand 50 konstruiert werden. Danach soll in einer Schleife das Trinkglas jeweils um den Wert 5 verkleinert und das aktuelle Trinkglas, seine bedeckte Innenfläche und seine Füllmenge ausgegeben werden.

Die Schleife soll nur durchlaufen werden, falls bzw. solange für die Innenfläche I und die Füllmenge M des Trinkglases gilt

$$I < \frac{M}{8}.$$

```
public class TesteTrinkGlas {
  public static void main(String[] args) {
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
     .
  }
}
```

Stichwortverzeichnis

Fettgedruckte Seitenzahlen verweisen auf die Stellen im Buch, an denen die jeweiligen Begriffe eingeführt bzw. definiert werden.