

UNIVERSITÄT AUGSBURG

FAKULTÄT FÜR ANGEWANDTE INFORMATIK  
INSTITUTE FOR SOFTWARE & SYSTEMS ENGINEERING



MASTERARBEIT  
VON  
ANTONIO GRIECO

---

**Programmiersprachliche Konzepte von COBOL im  
Vergleich mit Java – Eine praxisorientierte  
Einführung**

---

Erstgutachter: Prof. Dr. Alexander Knapp

Zweitgutachter: Prof. Dr. Bernhard Bauer

Betreuer: Prof. Dr. Alexander Knapp & Jonathan Streit

Abgabedatum: 4. Mai 2018

---

# Lizenzen

»Programmiersprachliche Konzepte von COBOL im Vergleich mit Java – Eine praxisorientierte Einführung« von Antonio Grieco ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (CC BY-NC-SA 4.0).



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Sämtliche in der Arbeit beschriebenen und auf dem beigelegten Datenträger vorhandenen Ergebnisse dieser Arbeit in Form von Quelltexten, Software und Konzeptentwürfen sind, sofern nicht anders angegeben, lizenziert unter »The MIT License (MIT)«.



<https://opensource.org/licenses/MIT>

Die LaTeX-Vorlage beruht auf den Inhalten unter  
<http://f.macke.it/MasterarbeitZIP>.

© 2018 Antonio Grieco

---

# **Zusammenfassung**

---

## **Abstract**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Lizenzen</b>	<b>I</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>II</b>
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Listings</b>	<b>VII</b>
<b>1 Aus alt mach neu – COBOL im gefährlichen Alter</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung . . . . .	1
1.2 Ziel der Arbeit . . . . .	4
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	5
<b>2 Methodik</b>	<b>6</b>
2.1 Vorhandene Literatur . . . . .	6
2.2 Experten-Interviews . . . . .	7
2.3 Entwicklungsumgebungen . . . . .	8
<b>3 Herausforderungen für COBOL und Java in betrieblichen Informations-</b>	
<b>    systemen</b>	<b>11</b>
3.1 Darstellungsgenauigkeit – Fließ- und Festkommaarithmetik . . . . .	11
3.2 Datenmengen und Dimensionierung . . . . .	15
3.3 Modularisierung, Wiederverwendbarkeit & Variabilität . . . . .	15
3.4 Reporting . . . . .	17
3.5 Schnittstellen & Datenquellen . . . . .	18
3.6 Langlebigkeit & Verlaesslichkeit . . . . .	19
<b>4 Vergleich wichtiger Sprachkonzepte</b>	<b>20</b>
4.1 Programmstruktur . . . . .	20
4.2 Deklaration und Gültigkeitsbereich von Variablen und Datentypen .	26

4.2.1	Felder . . . . .	32
4.3	Programmablauf und Kontrollfluß . . . . .	33
4.4	Funktionen und Rückgabewerte . . . . .	39
4.5	Dateien . . . . .	43
4.6	Konventionen . . . . .	43
4.7	Weitere Sprachkonzepte . . . . .	46
4.7.1	Benannte Bedingungen . . . . .	46
4.7.2	Mehrfachverzweigungen . . . . .	50
4.7.3	Speicherausrichtung . . . . .	53
4.7.4	Reorganisation von Daten . . . . .	54
4.7.5	Implizierte Variablennamen . . . . .	56
4.7.6	Modifier . . . . .	58
<b>5</b>	<b>Pattern in COBOL und Java</b>	<b>59</b>
5.1	Wertezuweisungen . . . . .	59
5.2	Komplexe Datenstrukturen . . . . .	59
5.2.1	Listen . . . . .	59
5.2.2	Sets . . . . .	62
5.2.3	Maps . . . . .	65
5.2.4	Verbunddatenstrukturen . . . . .	66
5.3	Design Pattern . . . . .	66
5.3.1	Callback-Muster . . . . .	66
5.3.2	Singleton-Muster . . . . .	70
5.3.3	Delegator . . . . .	72
5.3.4	Dependency Injection . . . . .	72
5.4	Externe Deklaration von Daten . . . . .	74
<b>6</b>	<b>Fazit (Sprechender Name je nach Ergebnissen)</b>	<b>77</b>
	<b>Literatur</b>	<b>IX</b>
<b>A</b>	<b>Experteninterviews</b>	<b>XV</b>
A.1	Ivaylo Bonev . . . . .	XV
A.2	Jonathan Streit . . . . .	XIX
A.3	Thomas Lamperstorfer . . . . .	XXXVIII

# Abbildungsverzeichnis

4.1	Strukturelle Bestandteile eines Java-Programms . . . . .	20
4.2	Strukturelle Bestandteile eines COBOL-Programms . . . . .	23
4.3	UML-Diagramm einer Aggregation . . . . .	55

# Listings

2.1	Erstellen eines neuen COBOL Programms . . . . .	9
2.2	Erstes COBOL-Programm in der Kommandozeile . . . . .	10
3.1	Ungenauigkeit am Beispiel einer float-Variable . . . . .	12
3.2	Dezimalzahlen in COBOL . . . . .	14
4.1	Initializer in Java . . . . .	22
4.2	Anonyme Klassen und Funktion in Java . . . . .	23
4.3	Variablendeklarationen in Java . . . . .	27
4.4	Variablendeklarationen mit verschiedenen Scopes . . . . .	29
4.5	Variablendeklarationen in COBOL . . . . .	30
4.6	Felder in Java . . . . .	32
4.7	Felder in COBOL . . . . .	33
4.8	Java main-Methode . . . . .	34
4.9	Beispiele für die Verwendung von break und continue in Java . . . .	35
4.10	Programmablauf in COBOL . . . . .	37
4.11	Programmablaufunterschiede in COBOL mit Sections und Paragraphs	38
4.12	Methoden in Java . . . . .	40
4.13	Rekursion in Java . . . . .	41
4.14	Rekursion in COBOL . . . . .	43
4.15	Beispiel für COBOL Stufennummer 88 . . . . .	47
4.16	Setzen von Werten mithilfe benannter Bedingungen . . . . .	47
4.17	Bedingte Werte in Java . . . . .	49
4.18	Setzen eines konstanten Wertes mit einem Enum in Java . . . . .	50
4.19	Mehrfachverzweigungen in Java . . . . .	51
4.20	Mehrfachverzweigungen in COBOL mit ALSO . . . . .	52
4.21	Mehrfachverzweigungen in COBOL als EVALUATE TRUE . . . . .	53
4.22	Stufennummer 66 und <b>RENAMES</b> -Befehl . . . . .	55
4.23	Keine implizierten Variablennamen in logischen Ausdrücken in Java	56
4.24	Verwendung von Variablennamen in logischen Ausdrücken in Java .	57
4.25	Implizierte Variablennamen in COBOL . . . . .	58
5.1	ArrayList Beispiel in Java . . . . .	60



5.2	Einfache Listen Implementierung in COBOL . . . . .	62
5.3	HashSet Beispiel in Java . . . . .	63
5.4	Einfache Set Implementierung in COBOL . . . . .	65
5.5	Observer und Observable in Java . . . . .	68
5.6	Listener in Java . . . . .	70
5.7	Singleton in Java . . . . .	71
5.8	Dependency Injection in Java . . . . .	73
5.9	Import in Java . . . . .	74
5.10	COBOL-Copybook Datei (COPYBOOK.cpy) . . . . .	75
5.11	Nutzung eines COBOL-Copybook . . . . .	75
5.12	COBOL-Copybook Datei (COPYBOOK-EVALUATE.cpy) . . . . .	76
5.13	Nutzung von COPYBOOK-EVALUATE.cpy . . . . .	76

# 1. Aus alt mach neu – COBOL im gefährlichen Alter

## 1.1. Problemstellung

Der folgende Abschnitt soll die Problemstellung verdeutlichen, welche der Arbeit zugrunde liegt. Dazu wird erläutert, welche Wichtigkeit COBOL innehat und anschließend mit der Bedeutung, die der Sprache heutzutage in der Lehre tatsächlich beigemessen wird gegenübergestellt. Anhand dessen werden Schwierigkeiten für den Arbeitsmarkt analysiert und beschrieben.

### Wichtigkeit von COBOL

»Viele Millionen Cobol-Programme existieren weltweit und müssen laufend gepflegt werden. Es ist bei dieser Situation undenkbar und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten unvertretbar in den nächsten Jahren eine Umstellung dieser Programme auf eine andere Sprache durchzuführen.« [12]

Was Herr Dr. Strunz neben vielen anderen Experten bereits 1979 prophezeite hat auch heute noch Gültigkeit. Obwohl COBOL zum Ende der 50er Jahre entstand, 1959 veröffentlicht wurde und damit fast 60 Jahre alt ist, trifft man es auch heute in betrieblichen Informationssystemen noch häufig an. In der britischen Tageszeitung *The Guardian*, zitiert der Autor Scott Colvey in seinem Artikel [5] anlässlich des 50. Geburtstages von COBOL den Micro Focus Manager David Stephenson: »‘some 70% to 80% of UK plc business transactions are still based on Cobol’«. Weiter führt er darin Aussagen von IBM Software-Leiter Charles Chu an, welcher die Aussagen von Stephenson bestätigt: »[...] there are 250bn lines of Cobol code working well worldwide. Why would companies replace systems that are working well?«. Stephen Kelly, Geschäftsführer von Micro Focus, betont zudem, dass sich Stand 2009 über 220 Milliarden COBOL-Codezeilen im

produktiven Einsatz befanden, welche vermutlich 80% der insgesamt weltweit aktiven Codezeilen ausmachten. Außerdem wurden zum damaligen Zeitpunkt, Schätzungen zufolge 200-mal mehr COBOL-Transaktionen ausgeführt als Google Suchanfragen verzeichnen konnte. [14] Diese Aussagen decken sich mit den Angaben in *COBOL Programmers Swing with Java* [7]. Auch darin betonen Doke u. a., dass – Stand 2005 – mit 225 Milliarden Codezeilen, etwa 70% des weltweiten Codes in COBOL geschrieben sind.

Daran wird nicht nur deutlich, dass COBOL in den vergangenen Jahren einen enormen Marktanteil ausmachte, sondern auch die weitere Bedeutung der Sprache für die Zukunft: Wieso sollte funktionierender Code mit Hilfe von teuren und riskanten Prozessen ersetzt werden? Da sich viele Unternehmen dieser Frage eines Umstiegs von COBOL auf eine modernere Lösung ausgesetzt sehen, auf die sich nur schwer eine Antwort finden lässt, welche die Risiken und Kosten aufwiegt, stieg die Zahl des weltweit betriebenen COBOL-Codes über die vergangenen Jahre sogar noch weiter an. Dieses Risiko ergibt sich vorrangig durch Transaktionen immenser Geldsummen, die mit COBOL-Systemen durchgeführt werden. Denn »Täglich werden Transaktionen mit einem Volumen von schätzungsweise drei Billionen Dollar über Cobol-Systeme abgewickelt. Dabei geht es um Girokonten, Kartennetze, Geldautomaten und die Abwicklung von Immobilienkrediten. Weil die Banken aggressiv auf eine Digitalisierung ihres Geschäftes setzen, wird Cobol sogar noch wichtiger. Denn Apps für Smartphones etwa sind in modernen Sprachen geschrieben, müssen aber mit den alten Systemen harmonieren.« [2]

Im TIOBE-Index [23] für April 2018 rangiert COBOL auf Platz 25 mit einem Rating von 0.541%. Dieser Index wird auf Basis von Suchanfragen nach den entsprechenden Programmiersprachen, auf den meist frequentiertesten Internetseiten, erstellt. COBOL ist somit zwar nur Teil jeder 200. Suchanfrage, rangiert jedoch damit trotzdem vor anderen etablierten oder aufstrebenden Sprachen wie *Kotlin*, *Scala* oder *Haskell*. Außerdem gilt es hier zu beachten, dass COBOL zu einer Zeit entstand, in der das Internet noch lange nicht existierte und Informationen über die Sprache mittels Büchern verbreitet und vermittelt wurden. Daher ist auch heute noch das Internet nicht die vorrangige Quelle, um Wissen über COBOL zu akquirieren. Unter diesen Gesichtspunkten ist das TIOBE-Rating von COBOL als noch höher einzuschätzen.

## Bedeutung in der Lehre

Da COBOL bereits 60 Jahre alt ist, haben heutzutage bereits viele einstige COBOL-Entwickler das Rentenalter erreicht. Im Artikel *Cobol-Programmierer gesucht* [2] beschreibt der Autor exemplarisch den Fall eines 75-Jährigen Entwickler, der wegen seiner Erfahrung trotz seines Alters immer noch in der Branche tätig ist.

Junge COBOL-Entwickler sind rar, da COBOL nur noch selten Teil der Ausbildung ist. Doke u. a. führen in *COBOL Programmers Swing with Java* [7] an, dass im Jahr 2002 lediglich für 36.2% der Studenten COBOL Teil des Gundstudiums war, obwohl im Jahr 1995 noch 89.7% der befragten Bildungseinrichtungen angaben COBOL-Kurse als festen Bestandteil der Ausbildung zu haben. Sieht man sich dagegen die Zahlen zu Java als Vertreter moderner Programmiersprachen an, lässt sich ein klarer Trend erkennen. Erst 1995 entstanden, stieg die Zahl der Universitäten, die Java lehrten von 42.5% im Jahr 1998 auf 90.0% im Jahr 2002. Spinnt man diesen Wandel, zu dem sich in der Zwischenzeit noch eine Fülle neuerer Sprachen hinzugesellt hat, ins heutige Jahr weiter, lässt sich erahnen, wie selten Lehrveranstaltung zum Thema COBOL inzwischen geworden sind.

Man sieht also, dass sich die Lehre, obwohl der Bedarf an COBOL-Programmierern weiterhin immens ist, stark weg von dem Unterrichten von COBOL fokussiert hat, was die Wirtschaft zusammen mit dem zunehmenden Alter erfahrener COBOL-Entwickler vor Probleme beim Stillen der Nachfrage an Arbeitskräften stellt.

## Kontroverse Beurteilungen von COBOL

Die in Abschnitt 1.1 angeführten Aussagen und Meinungen stammen oftmals von Personen aus dem Umfeld von Unternehmen, die teils stark vom Weiterbestehen COBOLs profitieren. Diese Aussagen sind daher, wenn auch sicherlich nicht falsch, vorsichtig und vor allem sehr differenziert zu betrachten.

Der mehrfach prämierte Informatiker Edsger Wybe Dijkstra z.B. findet sehr klare, andere Worte zu COBOL: »The use of COBOL cripples the mind; its teaching should, therefore, be regarded as a criminal offence.« [8]

Florian Hamann nennt in seinem Artikel *In Banken Leben Dinosaurier* [9] die bereits erwähnte zunehmende Knappheit von Arbeitskräften auch als einen wichtigen Faktor

dafür, weshalb COBOL über kurz oder lang von moderneren Systemen und Sprachen verdrängt und abgelöst wird.

Trotz dieser Kontroversen kann festgehalten werden, dass es nach wie vor einen gleichbleibend hohen Bedarf an Entwicklern gibt, den es zu decken gilt. Allerdings entstand die Sprache weit vor wichtigen Entwicklungen und Innovationen in der Informatik und bildet so keine zeitgemäße Grundlage für umfangreiche und noch weniger für neue Systeme.

## **1.2. Ziel der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Lösung der in Abschnitt 1.1 beschriebenen Probleme leisten. Dies soll mit Hilfe eines Leitfadens geschehen, der fachkundigen Java-Entwicklern den Einstieg in COBOL erleichtert, indem gängige Sprachkonzepte gegenübergestellt und verglichen werden.

So soll es möglich sein, vorhandenes Wissen über die Softwareentwicklung, im speziellen mit Java, in einen COBOL-Kontext zu bringen und passende Sprachkonzepte nutzen zu lernen. Des Weiteren soll aufgezeigt werden, welche konzeptuellen Herausforderungen sich bei der COBOL-Entwicklung und -Migration ergeben.

Im Fokus steht hierbei neben der Einführung in relevante Sprachkonstrukte stets auch die Experteneinschätzung zur Nutzung der verschiedenen Konzepte. Daher wird wenn möglich zusätzlich zu den erklärten Paradigmen erläutert, wie die Verwendung in der Praxis aussehen bzw. nicht aussehen sollte und je nach Sprachmittel gegebenenfalls in der Praxis zu verwendende Alternativen aufgezeigt.

Ziel der Arbeit ist jedoch nicht, vorhandene Java-Entwickler zu Neuentwicklungen mit COBOL zu animieren oder diese gar zu COBOL-Entwicklern umzuschulen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang vielmehr ihr Wissensspektrum so zu erweitern, dass es ihnen möglich wird, komplexe fachliche Zusammenhänge – vor allem die »business logic« – bestehender COBOL-Architekturen zu erkennen und zu verstehen. Dadurch sind diese Entwickler fortan flexibler einsetzbar und geschult, um mit Migrations-, Renovierungs- und Wartungsaufgaben von COBOL-Systemen betraut werden zu können.

## 1.3. Aufbau der Arbeit

Um leichter Verständnis über die vorliegende Arbeit zu erlangen, wird an dieser Stelle vorweg kurz auf den Aufbau eingegangen.

In Kapitel 1 wird die Motivation zum Bearbeiten des Problems und das damit verfolgte Ziel erklärt.

Die vorhandene Literatur und das Vorgehen bei der Erstellung der Arbeit werden in Kapitel 2 erläutert.

Kapitel 3 behandelt die grundlegenden Herausforderungen bei der Entwicklung von betrieblichen Informationssystemen und zeigt wie sich diese Problemstellungen in COBOL und Java adressieren lassen.

Die wichtigsten Sprachmittel und Konzepte werden in Kapitel 4 aufgezeigt und gegenübergestellt.

Kapitel 5 veranschaulicht wichtige und häufig auftretende Muster der Sprachen und zeigt wie und ob diese in der jeweils anderen abgebildet werden können.

Das Kapitel 6 beinhaltet eine Zusammenfassung und Interpretation der Thematik und gibt ein Resümee der Arbeit.

## 2. Methodik

### 2.1. Vorhandene Literatur

Die aufgeführte Literatur gibt oftmals einen sehr detaillierten Einblick in COBOL und bietet Hilfestellungen mit »Nachschlage-Charakter«. So wie beispielsweise in *Teach Yourself Cobol in 21 Days* [3], *COBOL Programming - Tutorials, Lectures, Exercises, Examples* [24] oder *COBOL Programming Fundamental* [13] werden häufig möglichst viele der vorhandenen COBOL-Konstrukte vorgestellt, mit Beispielen beschrieben und so ihre Verwendung gezeigt.

Neuere Literatur wie *COBOL for the 21st Century* [20] betrachten dabei häufig zusätzlich Neuerungen wie die objektorientierte Verwendung von COBOL. *Cobol 2002 ge-packt* [18] hingegen stellt mehr ein Syntax-Wörterbuch dar, als eine wirkliche Beschreibung oder Einführung in COBOL.

*Beginning COBOL for Programmers* [6] bietet den wohl umfassendsten Überblick, sowie ausführliche Beispiele und Erklärungen zur Verwendung und wirkt dabei nicht wie ein klassisches Nachschlagewerk sondern wie ein klar strukturiertes Fachbuch, das jedoch mit einem klaren roten Faden durch die Bestandteile von COBOL führt. Dabei zieht es vor allem in der Einführung auch an einigen, wenigen Stellen Parallelen zu Java.

Alle diese Werke setzen ein gewisses generelles Vorwissen im Bereich der Programmierung und Informatik voraus, was auch in dieser Arbeit der Fall sein soll. Jedoch ist an nur wenigen Stellen ein vergleichender Charakter zu anderen Sprachen zu erkennen und sehr selten die Erwähnung der jeweiligen Praxisrelevanz oder der besten Einsatzmöglichkeiten entsprechender Konstrukte zu finden.

Diese Arbeit soll nicht die vielfältig bestehende Literatur um ein weiteres ähnliches Werk ergänzen, sondern wichtige Bestandteile der Sprachen gegenüberstellen und Vorgehensweisen bei der Entwicklung aufzeigen. Dabei wird bewusst nur selten in die Tiefe der einzelnen Bestandteile eingegangen und alle möglichen Verwendungsarten

beschrieben, sondern versucht praktisch relevante Aspekte zu beleuchten. Für einen tieferen Einblick in die gesamten Sprachfeinheiten bietet sich die bereits erwähnte Literatur an, welche auch bei der Erstellung der Inhalte als Informationsquelle genutzt wurde.

*COBOL Programmers Swing with Java* [7] basiert auf den gleichen Ideen. Jedoch versucht dieses Buch Personen mit fundierten COBOL-Kenntnissen die Entwicklung in Java beizubringen indem Konzepte gegenübergestellt werden. Allerdings werden teilweise wichtige Details nicht erwähnt oder an manchen Stellen sogar falsch beschrieben, weshalb dieses Buch aus fachlicher Sicht zwar als eine gute Brücke von COBOL zu Java einzuschätzen ist, jedoch nicht als einzige Quelle dienen sollte. Den Brückenschlag in die andere Richtung – von Java zu COBOL – lässt es allerdings nicht ohne weiteres zu, was nicht zuletzt daran liegt, dass – wie der Name bereits andeutet – ein großer Teil des Buches grafischen Oberflächen mit *Swing* gewidmet ist.

Im Gegensatz zu vorherigem steigt *Java for COBOL Programmers* [4] tiefer in die syntaktischen Konstrukte von Java ein und behandelt außerdem Java EE (Enterprise Edition). Außerdem zielt es weniger auf grafische Systeme ab, als auf Systeme die Daten verarbeiten. So werden verschiedene Ein- und Ausgabe-Mechanismen erklärt, der Umgang mit XML-Formaten beschrieben und – als Teil der Java EE – die Verwendung von Datenbanken erläutert.

*COBOL Programmers Swing with Java* [7] und *Java for COBOL Programmers* [4] ermöglichen also COBOL-Entwicklern den schnellen Einstieg in Java und bieten durch die jeweils unterschiedlichen Schwerpunkte einen guten Überblick. Nicht nur, dass in diesen beiden Quellen die Sicht – Java lernen als COBOL-Entwickler – eine andere als in dieser Arbeit ist, auch wird nur selten bzw. gar nicht auf die praktische Relevanz der beschriebenen Konstrukte eingegangen. Dadurch fehlt der Charakter eines Leitfadens, welcher diese Arbeit prägen soll.

## 2.2. Experten-Interviews

Die vorliegende Arbeit soll vorhandene Expertise von Experten nutzen, um statt einem Nachschlagewerk für syntaktische Zwecke einen Leitfaden zu erarbeiten – der von praktischer Relevanz getrieben – die wichtigsten Eigenschaften von COBOL und Java beleuchtet und gegenüberstellt. Daher stellen neben den angesprochenen literarischen Quellen, vor allem Experteninterviews einen Kernpunkt dieser Arbeit dar. Um den



Praxisbezug zu gewährleisten, wurden diese geführt, transkribiert und darauf aufbauend relevante Themenbereiche und Praktiken ausgemacht und analysiert.

Interviewt wurden Experten aus dem Hause der **itestra GmbH**. Diese »Mitarbeiter kombinieren eine exzellente Informatik-Ausbildung mit Branchen-Know-how«, »kennen sowohl Legacy-Technologien wie Assembler, RPG und COBOL als auch Java, JS, C# und iOS« und »verstehen alte Systeme und setzen moderne Technologien ein«.<sup>1</sup> Die Mitglieder der Entwicklerteams können dabei also auf mehrjährige Erfahrungen im Bereich der Renovierung und dem Reengineering von COBOL-Systemen blicken, was die befragten Personen zur wohl wichtigsten Quelle dieser Arbeit macht.

Befragt wurden die drei kundigen COBOL-Entwickler *Ivaylo Bonev*, *Jonathan Streit* und *Thomas Lamperstorfer*. Dabei ging es nicht darum eine repräsentative Stichprobe nach statistischem Vorgehen zu erheben, sondern darum eine individuelle Bewertung der Schwierigkeiten und Stolpersteine bei der Entwicklung, Wartung und dem Verständnis von bestehenden und neuen COBOL-Systemen, sowie eine Einschätzung zu Parallelen und Diskrepanzen mit Java zu erhalten. Daher wurde kein Fragenkatalog ausgearbeitet, sondern offener Input der erwähnten Personen gefordert, um die gewünschten subjektiven Meinungen zu bekommen.

Der Umfang der Interviews beläuft sich auf 3 Stunden Audiomaterial bzw. 30 A4-Seiten Transkription in der ersten Phase und zusätzlichem Feedback in der Zwischenphase, bei dem die Experten diese Arbeit beurteilt und weitere Anregungen gegeben haben.

## 2.3. Entwicklungsumgebungen

Um Codebeispiele für diese Arbeit zu erstellen, zu kompilieren und auszuführen wurden jeweils für Java und COBOL IDEs verwendet.

Für Java-Code wurde die bekannte Eclipse<sup>2</sup> Umgebung verwendet. Dabei handelt es sich um eine etablierte IDE, welche eine Vielzahl von Funktionen zur Entwicklung und zum Debugging liefert.

---

<sup>1</sup><https://itestra.com/leistungen/software-renovation/>

<sup>2</sup><http://www.eclipse.org/>

Der COBOL-Code dieser Arbeit wurde in der OpenCobolIDE<sup>3</sup> entwickelt. Dabei handelt es sich um eine minimalistische IDE, welche zum Beispiel Syntax-Highlighting oder eine übersichtliche Darstellung von Fehlern bietet. Der darunterliegende Compiler GnuCOBOL<sup>4</sup> wurde jedoch auch teilweise direkt als Kommandozeilenwerkzeug ausgeführt. Im Gegensatz zur sonst üblichen COBOL-Entwicklung auf einem Hostsystem ermöglicht dieser Compiler das Erzeugen von ausführbaren Dateien für gängige Linux Betriebssysteme. Dies war in dieser Arbeit sehr wichtig, um nicht auf ein System angewiesen zu sein, welches meist nur in Produktivumgebungen betrieben wird und zu dem der Zugriff oft mühsam und – durch die verschiedenen Abrechnungsmodelle dieser Hostrechner – teuer oder schlichtweg nicht möglich ist.

## Das erste COBOL-Programm

Um bereits an dieser Stelle einen kleinen Einblick in COBOL, die Programmierung und die Ausführung mit der OpenCobolIDE zu bekommen, wird ein kurzes COBOL-Programm implementiert. Die einzelnen Bestandteile davon werden im Laufe der Arbeit genauer beschrieben.

```
1      IDENTIFICATION DIVISION.  
2      PROGRAM-ID. HELLO_USER.  
3      DATA DIVISION.  
4      FILE SECTION.  
5      WORKING-STORAGE SECTION.  
6          01 USERNAME PIC X(20) VALUE SPACES.  
7  
8      PROCEDURE DIVISION.  
9      MAIN-PROCEDURE.  
10         DISPLAY "Your name: " WITH NO ADVANCING.  
11         ACCEPT USERNAME.  
12         IF USERNAME EQUALS SPACES  
13             MOVE "world" TO USERNAME  
14         END-IF.  
15         DISPLAY "Hello " USERNAME.  
16         STOP RUN.  
17     END PROGRAM HELLO_USER.
```

Listing 2.1.: Erstellen eines neuen COBOL Programms

<sup>3</sup><https://github.com/OpenCobolIDE/OpenCobolIDE>

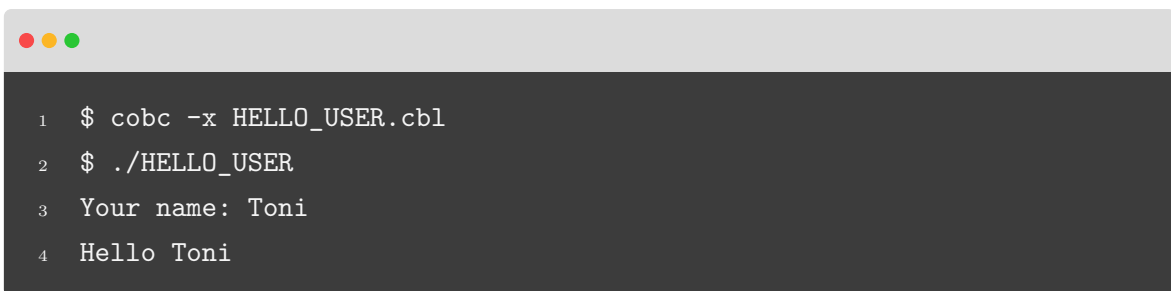
<sup>4</sup><https://sourceforge.net/projects/open-cobol/>

Legt man in der OpenCobolIDE ein neues Programm an, so enthält die Datei das bekannte »Hello world« als Beispielprogramm. Wir werden dieses Programm nun so erweitern, dass es die Eingabe eines Benutzernamens erwartet und so eine persönliche Begrüßung ausgibt. Listing 2.1 zeigt das fertige Programm.

Als erstes wurde die **PROGRAM-ID** festgelegt. Dies ist der Programmname, wie er auch nach außen – für eventuelle andere Programm – sichtbar wird, und sollte daher eindeutig sein. Wichtig hierbei ist auch das Setzen des richtigen Namens in der letzten Zeile, die das **END PROGRAM** enthält.

Anschließend wird eine Variable mit dem Namen **USERNAME** angelegt, die aus 20 alphanumerischen Zeichen (**PIC X(20)**) besteht und mit Leerzeichen (**VALUE SPACES**) initialisiert wird.

Mittels **DISPLAY** wird der Nutzer aufgefordert seinen Namen einzugeben, den das **ACCEPT**-Schlüsselwort dann in die angesprochene Variable schreibt.

A terminal window with a dark background and light text. The window has a title bar with three colored circles (red, yellow, green) on the left. The terminal shows the following text:

```
1 $ cobc -x HELLO_USER.cbl
2 $ ./HELLO_USER
3 Your name: Toni
4 Hello Toni
```

Listing 2.2.: Erstes COBOL-Programm in der Kommandozeile

Anschließend wird geprüft ob der Nutzer eine Eingabe gemacht hat. Ist dies der Fall, wird eine persönliche Begrüßung ausgegeben. Andernfalls erscheint die generische Meldung »Hello world«. Diese Ausgaben werden wie bereits die Eingabeaufforderung mit **DISPLAY** ausgegeben.

Kompiliert wird das Programm nun mit den Tasten *F8* (kompilieren) bzw. *F5* (kompilieren und ausführen). Soll der GnuCOBOL-Compiler direkt ausgeführt werden, reicht ein einfaches Kommando um eine ausführbare Datei zu erstellen. Dies wird in Listing 2.2 dargestellt.

## 3. Herausforderungen für COBOL und Java in betrieblichen Informationssystemen

Bei der Entwicklung von betrieblichen Informationssystemen sehen sich Entwickler mit grundlegenden Fragen und Anforderungen an die einzusetzenden Technologien und Programmiersprachen konfrontiert.

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die wichtigsten Entscheidungskriterien für die Herangehensweise geben und aufzeigen, welchen Herausforderungen sich – im Speziellen COBOL und Java – in diesen Informationssystemen stellen müssen.

### 3.1. Darstellungsgenauigkeit – Fließ- und Festkommaarithmetik

Vor allem in betrieblichen Informationssystemen – die oftmals Geldbeträge durch eine gewisse Anzahl von Rechenschritten errechnen sollen – ist es unerlässlich einen Blick auf die Rechengenauigkeit des Systems und der verwendeten Sprachen zu werfen. Diese ist oftmals eine Folge der Speicherrepräsentation – irrationale Zahlen können durch endlichen Speicherbedarf nicht abgebildet werden – rationaler Zahlen, die erheblichen Einfluss auf den Darstellungsbereich hat. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Speicherungen in Fließ- und Festkomma-Darstellung.

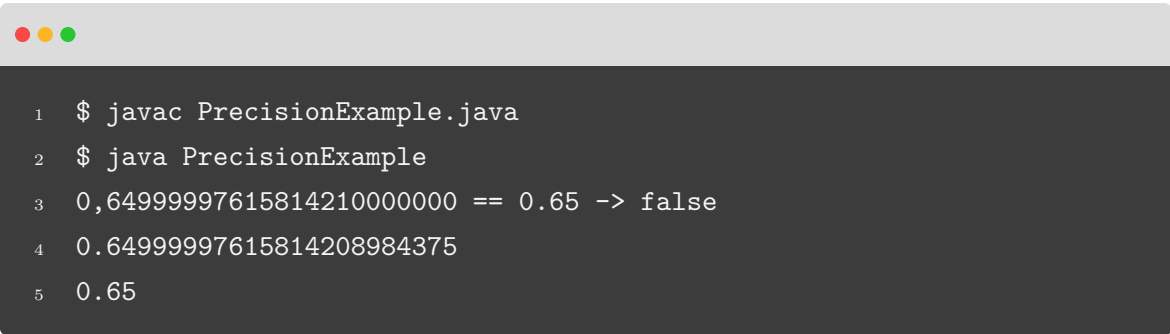
#### Fließkommaarithmetik

In modernen Programmiersprachen wie Java werden Datentypen für rationale Zahlen in der Fließkommarepräsentation gespeichert. Daher auch der Name `float` für engl. »floating point«. Diese Darstellung hat den großen Vorteil, dass sowohl kleine Zahlen die gegen Null gehen als auch sehr große Zahlen mit dem gleichen Speicherbedarf

dargestellt werden können, da quasi das Dezimaltrennzeichen verschoben werden kann. Java verwendet zur Darstellung standardmäßig den Datentypen **double**, also ein **float** mit doppelter Darstellungsgenauigkeit bzw. doppeltem Speicherbedarf. Somit wird es möglich als kleinsten Absolutwert  $2^{-1074}$  und als größten  $(2 - 2^{-52}) \cdot 2^{1023}$  darzustellen.

Dabei werden Zahlen nach *IEEE 754*-Standard in Vorzeichen, Exponent und Mantisse umgerechnet und gespeichert. Ohne näher auf diesen eingehen zu wollen sei kur erwähnt, dass dieser einen Algorithmus festlegt, mit dessen Hilfe Variablen in einem Speicherbereich repräsentiert werden. Dieser Speicherbereich kann sich je nach Datentyp und Programmiersprache zwar unterscheiden, ist jedoch an sich stets fester Größe. Dadurch und durch den Umstand, dass Zahlen vor dem Speichern umgerechnet werden ergibt sich die Problematik, dass bestimmte Zahlen nicht exakt repräsentiert werden können und lediglich die »näheste« Repräsentation gespeichert werden kann. Dieser Effekt ist schwer absehbar und kann in der Praxis zu ungenauen (Zwischen-)Ergebnissen führen.

```
1  import java.math.BigDecimal;
2
3  public class FloatingPoint {
4      public static void main(String[] args) {
5          float notPrecisely = 0.65f;
6          System.out.printf("%.23f == 0.65 -> %s\n",
7              notPrecisely, (notPrecisely == 0.65));
8
9          BigDecimal notPreciselyBigDecimal = new BigDecimal(0.65f);
10         System.out.println(notPreciselyBigDecimal);
11
12         BigDecimal preciselyBigDecimal = new BigDecimal("0.65");
13         System.out.println(preciselyBigDecimal);
14     }
15 }
```



```
1  $ javac PrecisionExample.java
2  $ java PrecisionExample
3  0,649999976158142100000000 == 0.65 -> false
4  0.64999997615814208984375
5  0.65
```

Listing 3.1.: Ungenauigkeit am Beispiel einer float-Variable

Listing 3.1 zeigt beispielhaft wie die Repräsentation eines Wertes vom tatsächlichen abweichen kann. Durch die Weiterverwendung eines solchen, nicht-exakt repräsentierten, Wert würden sich unter Umständen Folgefehler in Berechnungen ergeben. Außerdem können wie gezeigt Gleichheitsvergleiche von Zahlen, insbesondere von Berechnungsergebnissen, dadurch fehlerbehaftet sein, weshalb Fließkommatypen stets auf ein Werteintervall statt auf Gleichheit geprüft werden sollten.

Diese beschriebenen Fließkommatypen werden stets zur Basis 2 berechnet und heißen daher auch binäre Fließkommatypen. In der `java.math`-Bibliothek findet sich jedoch auch ein Objekttyp `BigDecimal` welcher ein Fließkommawert zur Basis 10, also ein dezimales Fließkomma darstellt. Die Speicherung beruht indessen auf zwei `Integer`-Werten, die ein unskalierten Faktor und einen Exponenten zur Skalierung darstellen. Außerdem ist dieser Typ steuerbar was die Rundung, die Exaktheit von Ergebnissen und das Verhalten bei nichtdarstellbaren Werten angeht. Mit den in Listing 3.1 aufgezeigten Effekten lässt sich außerdem festhalten, dass `BigDecimals` nur über andere `BigDecimal`-Objekte oder `Strings` zuverlässig instantiiert werden können. Andere Konstruktoren speichern die übergebenen Werte in primitiven Datentypen zwischen, wodurch eben diese ungewünschten Fehler in der Repräsentation wieder auftreten. `BigDecimal` bietet somit eine Möglichkeit Werte exakt abzuspeichern bzw. Kenntnis über unexakte Speicherung – in der Regel durch Exceptions – zu erhalten und diese zu steuern. Mit diesem Objekttypen gehen jedoch Speicher- und Laufzeit-Overheads einher die nicht vernachlässigt werden dürfen.

## Festkommaarithmetik

Um die angesprochenen Probleme zu umgehen verwenden manche Sprachen eine Festkommaarithmetik, um rationale Zahlen zu Speichern oder bieten zumindest Datentypen um eine derartige Speicherrepräsentation zu erreichen.

Dabei wird im Gegensatz zu Fließkommazahlen festgelegt wieviele Stellen einer Zahl vor- bzw. nach dem Komma gespeichert werden sollen. Jede Ziffer wird dabei für sich – je nach Implementierung durch eine bestimmte Codierung – gespeichert und erlaubt somit absolute Genauigkeit im Werte- bzw. Darstellungsbereich. Auch ist der Umgang mit Überläufen fest definiert und führt zu konsistentem und abschätzbarem Verhalten. Ergebnisse werden stets zur Speicherung »abgeschnitten« außer man definiert explizit, dass gerundet werden soll. Listing 3.2 enthält Beispiele zu beiden Varianten. **PIC 9V9(2)** deklariert eine Variable mit genau einer Vor- und zwei Nachkommastellen. Damit wäre

beispielsweise sichergestellt, dass alle Geldbeträge  $< 10$  – auch nach Berechnungen – korrekt dargestellt werden können.

```
1      IDENTIFICATION DIVISION.  
2      PROGRAM-ID. PRECISION-EXAMPLE.  
3      DATA DIVISION.  
4      FILE SECTION.  
5      WORKING-STORAGE SECTION.  
6          01 TWO-DECIMALS-VALUE PIC 9V9(2) VALUE 0.50.  
7          01 THREE-DECIMALS-VALUE PIC 9V9(3) VALUE 0.499.  
8          01 RESULT PIC 9V9(2) VALUE ZERO.  
9  
10     PROCEDURE DIVISION.  
11     MAIN-PROCEDURE.  
12         COMPUTE RESULT =  
13             TWO-DECIMALS-VALUE + THREE-DECIMALS-VALUE.  
14         DISPLAY RESULT.  
15         COMPUTE RESULT ROUNDED =  
16             TWO-DECIMALS-VALUE + THREE-DECIMALS-VALUE.  
17         DISPLAY RESULT.  
18         STOP RUN.  
19  
20     END PROGRAM PRECISION-EXAMPLE.
```



```
1 0.99  
2 1.00
```

Listing 3.2.: Dezimalzahlen in COBOL

Ein weiterer Vorteil der Abbildung mit Festkomma ist die Tatsache, dass beliebig große Zahlen gespeichert werden können. Dies sorgt neben höherem Speicherbedarf, jedoch auch dafür, dass sofern Grundrechenarten für eine Ziffer implementiert sind, beliebig lange Ziffernfolgen nach dem gleichen Schema verarbeitet werden können. Die Ergebnisse werden dabei auch zeichenweise gespeichert und lassen so keine Rundungsfehler oder Fehler aufgrund von unzureichendem Speicherplatz zur Abbildung zu. Der Speicherbereich kann in COBOL jedoch zum Beispiel durch das Nutzen von **PACKED DECIMALs** mit dem Schlüsselwort **COMP-3** hinter der **PICTURE**-Anweisung reduziert werden. Hierbei wird lediglich ein Nibble ( $1/2$  Byte) pro Ziffer benötigt.



In betrieblichen Informationssystemen und speziell bei der Verarbeitung von Geldbeträgen, ist es also unerlässlich die Sicherheit einer exakten Darstellung von Zahlen zu haben. Während die binäre Fließkommadarstellung Speicherplatz-

Vorteile und Flexibilität des Wertebereichs einer Zahl bietet, jedoch Werte unter Umständen nicht exakt repräsentieren kann, stellt Festkommaarithmetik sicher, dass Zahlen exakt und vorhersehbar repräsentiert werden. Dies wird durch erhöhten Speicherbereich und fehlende Flexibilität erkauft, ist jedoch in der Praxis oftmals unerlässlich. Eine Möglichkeit diese Sicherheit in Java zu erreichen ist das Nutzen des `BigDecimal`-Typen, der viele Nachteile und vor allem Unsicherheiten gegenüber binären Fließkommatypen aus dem Weg räumt. Jedoch führt dieser unter Umständen zu Performanz- bzw. Speichereinbußen. COBOL bietet mit Verwendung der Festkommaarithmetik bereits standardmäßig eine Darstellungssicherheit und Vorhersagbarkeit die vielen modernen Sprachen fehlt.

## 3.2. Datenmengen und Dimensionierung

## 3.3. Modularisierung, Wiederverwendbarkeit & Variabilität

Sehr wichtige Punkte bei der Entwicklung von betrieblichen Informationssystemen sind die Modularisierung und Wiederverwendbarkeit. Um ein System für die Zukunft wart- und erweiterbar zu machen ist eine gewisse Modularisierung anzustreben. Code muss somit nicht mehrmals geschrieben werden, was auch das spätere Einarbeiten in ein Projekt erleichtert, da der Projektumfang deutlich verringert werden kann.

Zudem ist, sei es um um Beispiel verschiedene Mandanten, Tarife oder Sparten abzubilden, die im Grunde die selbe Logik beinhalten, in betrieblichen Informationssystemen häufig eine gewisse Variabilität gefordert. Auch diese kann durch Wiederverwendbarkeit und Modularisierung stark begünstigt werden.

## Java

Java ist eine hoch modulare Sprache. Alleine objektorientierte Paradigmen wie Kapselung, Polymorphie oder Aggregation/Komposition sorgen dafür, dass Code in hohem Maße wiederverwendet werden kann. Dabei ist vor allem die Gliederung in Klassen und Funktionen (siehe Abschnitt 4.4) ausschlaggebend. Des weiteren können Bibliotheken als



Java Archive (kurz `jar` genannt) distribuiert werden und in anderen Projekten wiederverwendet werden. Dieses Konzept nutzt auch die Programmiersprache an sich bereits in hohem Maße aus und so werden viele Funktionalitäten über Packages (siehe ??) bereitgestellt. Die am häufigsten gebrauchten Bibliotheken sind dabei `java.util`, welche grundlegende Datenstrukturen wie zum Beispiel Listen (siehe Unterabschnitt 5.2.1) bereitstellt, `java.io` welche Datenein- und Ausgabe ermöglicht und allen voran `java.lang` welche – wie der Name bereits andeutet – Ergänzungen zu Programmiersprachlichen Mitteln liefert.

Durch diese praktischen Modularisierungsmöglichkeiten ist es in Java auch gut möglich Variabilität zu erreichen. So kann bestehende Logik wiederverwendet oder beispielsweise durch Vererbung minimal angepasst und nachträglich erweitert werden und sorgt dafür, dass Wartungen am System die sich auf Erweiterungen des Umfangs beziehen – z.B. das Einführen eines neuen Tarifs – mit verhältnismäßig geringem Aufwand umgesetzt werden können.

Ein weiterer Punkt der Java zu einer Sprache macht, die dafür sorgt, dass Programme wiederverwendet werden können ist die Tatsache, dass Java in plattformunabhängigen Byte-Code übersetzt wird. Die Java-Virtual-Machine (*JVM*) führt dann diesen Byte-Code aus und sorgt so dafür, dass bereits kompilierte Programme auf allen Systemen mit JVM ausführbar sind und so weiterverteilt werden können ohne neu kompiliert werden zu müssen. Diese JVM wiederum ist ein plattformabhängiges System, welches jedoch für – nahezu – alle gängigen Systeme und Plattformen verfügbar ist.

## COBOL

Im Gegensatz zu Java lässt COBOL ein Modularisierungskonzept vermissen. Wie in Abschnitt 4.4 nachzulesen ist, fehlen grundlegende Spracheigenschaften um die Wiederverwendbarkeit von Code sicherzustellen.

Wie ein Herr Lamperstorfer betonte, sieht man daher in der Praxis oftmals Code-Blöcke die ein und die selbe Logik abbilden, aber durch die Verwendung von anderen Daten nochmals im Copy-Paste-Stil in den Code integriert wurden. Das sorgt für ein hohes Maß an Redundanz. Um diese Redundanz zu vermeiden werden aber auch gängigerweise Datenstrukturen für mehr als nur einen Zweck im Programm »missbraucht«. Darunter leidet natürlich die Les- und Wartbarkeit von COBOL-Code sehr, da häufig nicht klar

ist welche Daten, in welchem Kontext, wie verwendet werden. Zu diesem Thema sei auf Abschnitt 4.6 verwiesen.

In COBOL kann Variabilität im Vergleich zu Java nur sehr schwer erreicht werden. Code muss oftmals in hohem Maße kopiert werden um ähnliche Funktionalität abzubilden und so fallen Anpassungen in diesem Bereich unverhältnismäßig groß aus.

Auch ein Bibliothekskonzept ist in COBOL nicht vorhanden. So werden Programme und aufgerufene Unterprogramme beim Kompilieren statisch zu einer ausführbaren Einheit gelinkt. Um dieses Verhalten zumindest soweit zu beeinflussen, dass dynamisch geladenen Unterprogramme entstehen kann als »Trick« eine Variable eingeführt werden, welche den Namen des Unterprogramms enthält. Wird nun das Programm aufgerufen, welches in dieser Variable definiert ist und nicht in einer festen Zeichkette definiert ist, nimmt der Compiler an, dass das geladene Unterprogramm variieren kann – auch wenn der Inhalt der Variablen nicht verändert wird – und vermeidet so ein statisches Linken.

Herr Streit merkte an dieser Stelle an, dass in der Praxis selten die Nutzung von sogenannten

Zwar unterstützt COBOL in neueren Standards und Compilern eine objektorientierte Entwicklung, jedoch ist diese Spracherweiterung in der Praxis irrelevant. Die meisten gängigen Systeme auf denen COBOL Programme betrieben werden verfügen nicht über derartig neue Compiler und auch bei der Verwendung merkt man, dass diese Konzepte nachträglich hinzugefügt wurden und eigentlich nicht Bestandteil der Sprache sind. Hat man das Glück ein System mit einem kompatiblen Compiler zu haben, so bleibt als weiterer Stolperstein der Fakt, dass die ohnehin raren COBOL-Entwickler nicht mit der Verwendung von objektorientierter Entwicklung firm sind. Daher wird diese Spracherweiterung in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt.

### **3.4. Reporting**

EVA-Prinzip mit Zitat!

## 3.5. Schnittstellen & Datenquellen

In betrieblichen Informationssystemen stellen außerdem Schnittstellen ein wichtiges Thema dar. Sowohl das Bereitstellen von standardisierten und dokumentierten Interfaces als auch das Nutzen von anderen Systemen über ihre Schnittstellen ist stets Teil aller Anwendungsfälle.

datenquelle

Vor allem in der heutigen Zeit, in der Informationssysteme nicht mehr als alleinige Verarbeitungs-, Reporting- und Darstellungsschicht fungieren, sondern eingebettet in einen größeren Kontext aus verschiedensten Modulen, mobilen Applikationen und Websites funktionieren sollen und mit diesen kommunizieren müssen ist ein ausgereiftes Schnittstellenkonzept und die standardisierte Bereitstellung und Nutzung von Daten und Diensten unerlässlich.

Für Java sind an dieser Stelle ein Fülle an Bibliotheken erhältlich, welche Netzwerkkommunikation über verschiedenste Protokolle auf unterschiedlichen Ebenen ermöglichen. Neben diversen Fremdbibliotheken bietet bereits das JDK bereits unterschiedliche Methoden zur Kommunikation mit Fremdsystemen.

Zudem ist es mit der möglichen Definition von Interfaces auch auf Klassenebene möglich Schnittstellen zu bieten, die eine einfache Erweiterung von und Verbindungen zu Neusystemen möglich machen.

COBOL hingegen lässt an dieser Stelle einige Funktionalität vermissen. Durch das fehlende Bibliothekskonzept – wie in Abschnitt 3.3 erläutert – und das gänzliche Fehlen von Netzwerkkommunikationsmechanismen ist es, in reinem COBOL, nicht möglich Netzwerkschnittstellen festzulegen die von außen erreichbar sind oder solche zu nutzen. Auch intern kann ein COBOL-System nur bedingt Standards definieren die zwischen unterschiedlichen Programmteilen für einheitliche Kommunikationskanäle sorgen. COBOL-Systeme basieren, wie Abschnitt 3.4 beschreibt, auf einfachen EVA-Prinzipien.

Durch den Wandel der letzten Jahre bzw. Jahrzehnte in hochdimensionalen und komplexen Softwaresystemen wird es immer schwerer reine COBOL-Systeme zu nutzen und sinnvoll in eine heterogene IT-Landschaft einzubetten. Kunden sind von Applikationen für verschiedenste Systeme abhängig und müssen sich darauf verlassen können, dass die Erweiterung um neue Back- und Frontends ohne Einfluss auf bestehende Komponenten vonstatten gehen kann. Auch ist es nötig die Basis für interne Systemerweiterungen zu

schaffen, indem festgelegte Interfaces bedient und verwendet werden. Diese Anforderungen können mit modernen Sprachen wie Java mühelos erreicht werden, wohingegen Altsysteme nur spärliche Möglichkeiten in dieser Richtung bieten.

## **3.6. Langlebigkeit & Verlaesslichkeit**

---

Wartbarke

## 4. Vergleich wichtiger Sprachkonzepte

### 4.1. Programmstruktur

Dieser Abschnitt behandelt die strukturellen Unterschiede von Java- und COBOL-Programmen. Dazu wird erläutert in welche Einheiten sich die Programme der jeweiligen Sprache aufteilen lassen.

#### Struktur eines Javaprogramms

Abbildung 4.1 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Teile eines Java-Programms und bildet graphisch ab, wie sich die jeweiligen Komponenten zusammensetzen können.

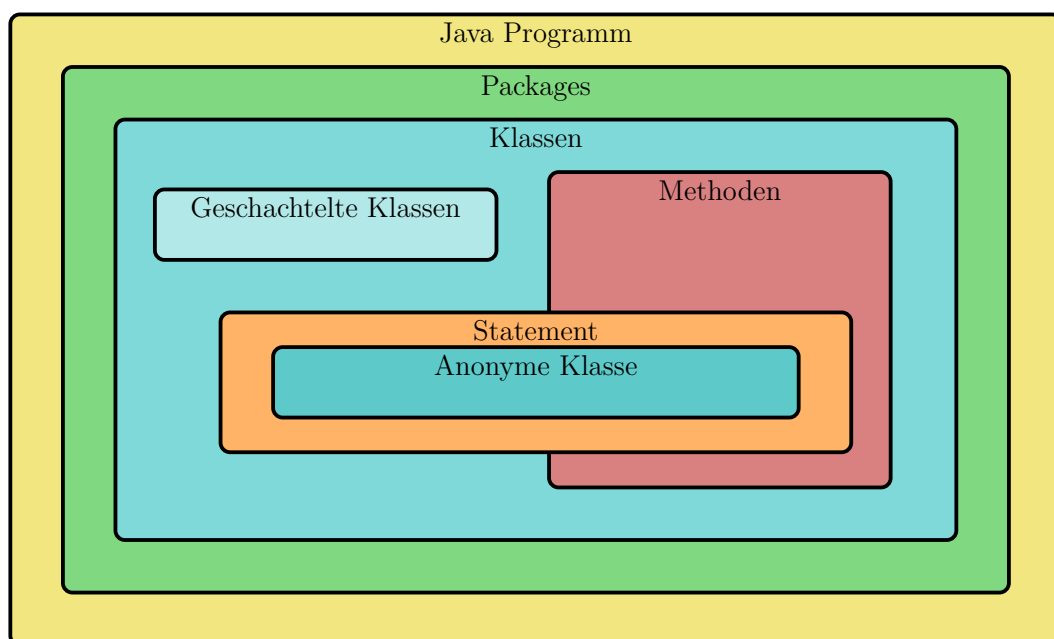


Abbildung 4.1.: Strukturelle Bestandteile eines Java-Programms

Anhand dieses Diagrams werden die wichtigsten Konzepte der Strukturierung von Java-Code aufgezeigt. Zeile 1 beinhaltet die Package-Deklaration, d.h. hiermit wird die Klasse dem hier genannten Package zugeordnet. Diese Deklaration **muss** gleich der Ordnerhierarchie sein, in denen die Java-Dateien verwaltet werden.

Die nächstkleinere Einheit eines Java-Programms stellen Klassen dar. Hierbei handelt es sich um das Kernkonzept der objektorientierten Programmierung. Von dieser Klasse können fortan Objekte instanziiert werden. Um einen tieferen Einblick in die Thematik der Objektorientierung zu erhalten sei an dieser Stelle einschlägige Fachliteratur erwähnt. Diese erwähnte Klasse muss dabei in einer Datei gespeichert sein, die den selben Namen trägt wie die Klasse selbst. Aus dem Klassennamen `MasterThesis` folgt also der Dateiname `MasterThesis.java`.

Teil dieser Klassen können wiederum Methoden, Variablendeklarationen und weitere Klassen sein. Diese können jeweils statisch oder auch einer Instanz zugeordnet sein. Auch dabei handelt es sich um ein gängiges Konzept der objektorientierten Softwareentwicklung. Hierzu sei an dieser Stelle lediglich erwähnt, dass statische Methoden, Variablen und Klassen Teil der Klasse sind und kein konkret instanziiertes Objekt benötigen während nicht-statische Komponenten stets ein konkretes Objekt einer Klasse benötigen.

Diese weiteren Klassen haben strukturell die selben Eigenschaften wie die umgebende Klasse, außer, dass sie nicht in einer Datei gespeichert sein müssen bzw. können deren Name dem Klassennamen entspricht.

Methoden wiederum bestehen aus einzelnen Statements. Zu erwähnen ist, dass Variablendeklarationen auch ein Statement darstellen. Während Variablendeklarationen an jeder Stelle innerhalb einer Klasse möglich sind, sind andere Statements als Teil einer Klasse nur dann gültig, wenn diese in geschweiften Klammern stehen. Diese Blöcke werden – der Reihe nach – vor jedem Konstruktoraufwurf ausgeführt und heißen deshalb auch *Initializer*. Auch ist die Definition von statischen *Initializer* möglich, die einmalig nach dem Laden einer Klasse ausgeführt werden. Listing 4.1 führt Beispiele dafür an.

```
1  public class Initializer {  
2  
3      static { // static initializer  
4          System.out.println("Executed once for class on load");  
5      }  
6  
7      { // initializer
```

```

8      System.out.println("Called once for every instance");
9  }
10
11  public Initializer() {
12      System.out.println("Executed after all initializers");
13  }
14
15  public static void main(String[] args) {
16      System.out.println("main: start");
17      Initializer initializer = new Initializer();
18      System.out.println("main: termination");
19  }
20 }

```

Listing 4.1.: Initializer in Java

Statements die aus Variablendeklarationen, Zuweisungen oder Methodenaufrufen bestehen, müssen im Gegensatz zu Block-Statements, wie z.B. Schleifen oder Verzweigungen, stets mit einem Semikolon beendet werden.

Die letzten strukturellen Elemente sind anonyme Klassen und Funktionen, auch Lambda-Funktionen genannt. Wobei anonyme Funktionen in Java genaugenommen nur eine syntaktische Schreibweise einer speziellen anonymen Klasse sind. Die Verwendung wird in Listing 4.2 illustriert. Die Zeilen 9 – 14 beinhalten eine anonyme Klasse, die das `IntConsumer`-Interface implementiert. Die völlig identische anonyme Klasse wird implizit durch die Lambda-Funktion in den Zeilen 16 – 18 implementiert.

```

1  package de.masterthesis;
2
3  import java.util.function.IntConsumer;
4  import java.util.stream.IntStream;
5
6  public class AnonymousClassAndMethodExample {
7
8      public static void main(String[] args) {
9          IntStream.range(0, 10).forEach(new IntConsumer() {
10              @Override
11              public void accept(int value) {
12                  System.out.print(value + " ");
13              }
14          });

```

```
15     System.out.println();
16     IntStream.range(0, 10).forEach(value -> {
17         System.out.print(value + " ");
18     });
19 }
20 }
```

Listing 4.2.: Anonyme Klassen und Funktion in Java

Neben der inhaltlichen Struktur bleibt noch zu erwähnen, dass Java Programme keinen festen Formatierungsregeln folgen müssen. Neben einigen wenigen festgelegten Eigenschaften – die Packagedeklaration muss vor Imports stehen, welche wiederum vor allem anderen stehen müssen – können Java-Programme beliebig formatiert werden.

## Struktur eines COBOL-Programms

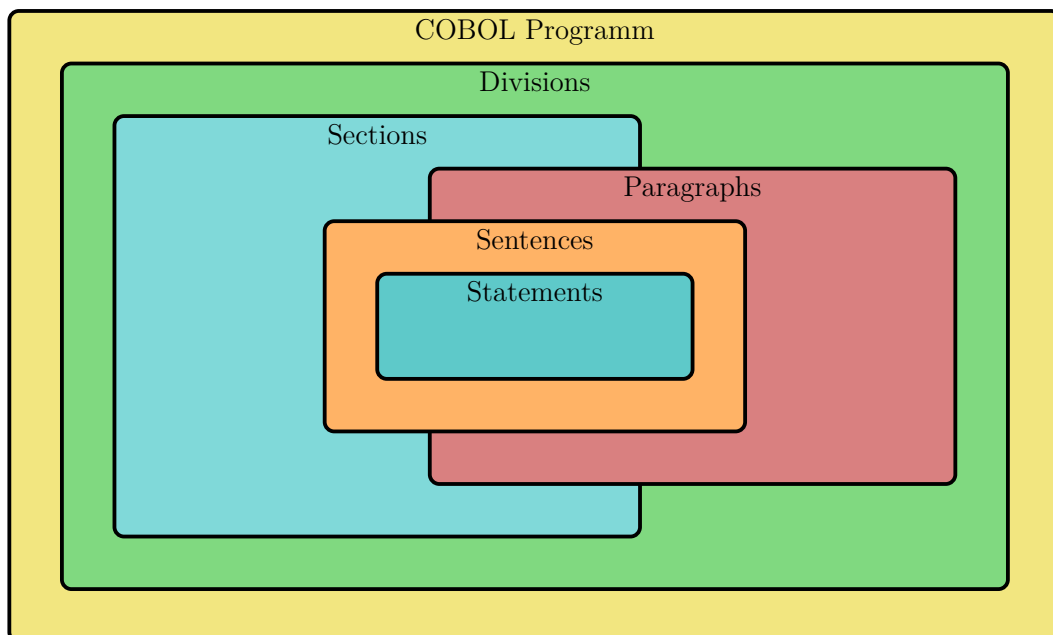


Abbildung 4.2.: Strukturelle Bestandteile eines COBOL-Programms

Abbildung 4.2 zeigt die strukturellen Bestandteile eines COBOL-Programms. Ein Programm kann dabei aus vier fest definierten Divisions:



- **IDENTIFICATION DIVISION** – Hier werden grundlegende Daten zum Programm, wie der Name oder der Autor festgelegt.
- **ENVIRONMENT DIVISION** – Definiert die Ein- und Ausgabe sowie Konfigurationen der Systemumgebung.
- **DATA DIVISION** – Diese Division beinhaltet die Definitionen von Daten. Dazu zählen Variablen oder auch Datei-Record-Definitionen.
- **PROCEDURE DIVISION** – Innerhalb dieser Division befindet sich der ausführbare Code.

Eine Division – außer der **IDENTIFICATION DIVISION** – kann wiederum aus verschiedenen Sections bestehen, wobei diese nur innerhalb der **PROCEDURE DIVISION** frei definiert werden können.

Die **ENVIRONMENT DIVISION** kann eine **CONFIGURATION SECTION** und eine **INPUT-OUTPUT SECTION** enthalten. Erstere erlaubt Definitionen zum Zielsystem. Letztere beinhaltet Definitionen zum Dateizugriff sowie zu Ein- und Ausgabeoperationen.

Teil der **DATA DIVISION** sind folgende Sections:

- **FILE SECTION** – Definiert Dateien bzw. Dateischemata auf die im Programm zugegriffen werden soll.
- **WORKING-STORAGE SECTION** – Enthält Variablendeklarationen, welche über mehrere Programmaufrufe hinweg bestehen bleiben.
- **LOCAL-STORAGE SECTION** – Enthält Variablendeklarationen, welche bei jedem Programmaufrufe neu alloziiert werden.
- **LINKAGE SECTION** – Enthält Definitionen von Variablen, welche bei einem Programmaufruf von außen übergeben werden können.

In der **PROCEDURE DIVISION** finden sich schließlich vom Entwickler definierte Sections, welche ein COBOL-Pendant zu Funktionen in Java darstellen.

Die nächstkleinere Einheit eines COBOL-Programms stellen Paragraphs dar. Diese lassen sich – mit kleinen Unterschieden – im Allgemeinen wie Sections verwenden.

In bestehenden COBOL-Programmen lassen sich daher zwei unterschiedliche Stile beobachten. Auf der einen Seite gibt es Programme die lediglich aus Paragraphs bestehen und auf der anderen existieren Systeme in denen Sections verwendet wurden und durch Paragraphs untergliedert sind. Generell ist zweite Variante vorzuziehen wie auch Richards in „Enhancing Cobol Program Structure“ [17] beschreibt, da dadurch sowohl die Programmstruktur lesbarer wird als auch die Fehleranfälligkeit verringert wird. Auf beide Eigenschaften wird im weiteren Verlauf der Arbeit eingegangen. An dieser Stelle soll lediglich festgehalten werden, dass es verschiedene Varianten gibt.

Sections und Paragraphs können wiederum aus Sentences bestehen. Dabei handelt es sich um ein oder mehr Statements. Ein Sentence wird stets von einem Punkt abgeschlossen. Während Sections Paragraphs also Analogien zu Methoden in Java sind kann man Sentences am ehesten mit Block-Statements – sobald diese geschachtelt werden stimmt diese Analogie nicht mehr – und Statements mit Semikolon-terminierten Statements in Java vergleichen.

---

COBOL-Programme lassen sich nicht beliebig formatieren. So folgt ein COBOL-Programm einem festgelegten spaltenweisen Aufbau:

Punkt-  
END-IF  
Proble-  
matik

- **Spalte 1 – 6**

In diesen Spalten befindet sich die sog. Sequenznummer. Damit können Programmzeilen nummeriert werden. Der Zeichensatz dafür entspricht dem zugrundeliegenden System. So könnten Zeilen auch beispielsweise mit Buchstaben versehen werden.

- **Spalte 7**

In dieser Spalte kann ein Zeichen gesetzt werden, um dem Compiler die Bedeutung der Zeile kenntlich zu machen. Ein \* z.B. leitet z.B. eine Kommentarzeile ein und mit - kann ein nicht-numerisches Literal aus der vorherigen Zeile fortgeführt werden.

- **Spalte 8 – 11 und Spalte 12 – 72**

Diese Spalten enthalten Definitionen und ausführbaren Programmcode. Je nach COBOL-Dialekt sind diese beiden Bereiche jedoch im Hinblick auf Variablendeklarationen unterschiedlich. Während in ersterem nur die Stufennummern 01 und 77 deklariert werden dürfen, müssen alle anderen in dem Bereich ab Spalte 12 stehen. Dies gilt jedoch wie erwähnt nicht auf allen Systemen.

- **Spalte 73 – 80**

In klassischem COBOL dienen diese Spalten dazu Kommentare zur aktuellen Zeile einzufügen. Wie Herr Streit betonte sind diese in Altsystemen exzessiv genutzt um Versionsinformationen – wie Änderungsdatum oder Ticketnummern – festzuhalten, sollten jedoch zum Wohl der Übersichtlichkeit entfernt werden und im Zuge einer Renovierung oder Migration durch eine modernen Versionsverwaltung wie z.B. SVN oder Git ersetzt werden. Auch ein Änderungsvergleich zwischen Programmversionen in einem entsprechenden Werkzeug wird durch diese Kommentare erheblich erschwert. Wichtig sei es jedoch zu verstehen, dass diese Kommentare, zu Zeiten in denen es keine Versionsverwaltungssoftware gab, sinnvoll waren.

Im sogenannten *Free-Format*, welches von einigen COBOL-Dialekten unterstützt wird, gelten diese Beschränkungen nicht. Dabei gilt lediglich, dass Spalte 1 wie Spalte 7 zur Kennzeichnung von Kommentaren fungiert. Auch die Breite eine Zeile kann hierbei, im Gegensatz zum klassischen COBOL, 80 Zeichen überschreiten.

## 4.2. Deklaration und Gültigkeitsbereich von Variablen und Datentypen

Eine wichtiges Sprachmittel von Programmiersprachen ist die Verwendungsmöglichkeit von Variablen. Je nach Programmiersprache haben diese Variablen unterschiedliche Eigenschaften und werden verschieden deklariert, initialisiert bzw. definiert. Dieser Abschnitt soll die Unterschiede dabei zwischen COBOL und Java herausarbeiten.

### Variablen in Java

Eine Variable in Java hat stets einen bestimmten Datentypen. Dies können primitive Datentypen – **float**, **double**, **byte**, **char**, **short**, **int**, **long**, **boolean** – aber auch komplexe Objekttypen sein. Variablen primitiver Zahltypen haben dabei stets ein Vorzeichen.

```
1  public class VariableExample {  
2  
3      final int CONSTANT_VARIABLE = 1907;  
4      int primitiveClassVariable = 0;
```

```
5     VariableExample complexClassVariable = null;
6
7     public static void main(String[] args) {
8         // CONSTANT_VARIABLE = 1860 -> Fehler
9         int primitiveLocalVariable = 1;
10        VariableExample complexLocalVariable = new VariableExample();
11    }
12
13 }
```

Listing 4.3.: Variablendeklarationen in Java

Listing 4.3 soll einige Konzepte der Variablendeklaration und -definition verdeutlichen:

- Variablen können sowohl als Teil einer Klasse als auch lokal innerhalb einer Methode deklariert werden.
- Variablen mit dem *Modifier* **final** sind Konstanten und können nicht mehr geändert werden.
- Die Deklaration erfolgt nach dem Muster »<Datentyp> <Variablenname>«.
- Die Initialisierung einer Variable geschieht durch das zuweisen eines Wertes.
- Komplexe Objekttypen können den Wert **null** haben. Das bedeutet, die Variable, die in diesem Fall eine Referenz auf einen Speicherbereich darstellt, ist leer. Hier gilt es zu beachten, dass primitive Datentypen nicht **null** sein können.
- Instanzen eines Objekttypen werden durch das Schlüsselwort **new** und den Aufruf eines Konstruktors erzeugt. Primitive Datentypen haben keine Konstruktoren.

Die Deklaration von Variablen bestimmter Datentypen sorgt dafür, dass ausreichend Speicherplatz für diese reserviert wird. Die Stelle der Deklaration im Code ist dabei frei wählbar und muss lediglich vor der ersten Verwendung stehen.

Der sog. Scope, zu deutsch Gültigkeitsbereich, gibt in der Programmierung an, in welchem Bereich eine Variable gültig ist. In Java ist der Scope einer Variablen meist

einfach zu erkennen. Eine Variable ist innerhalb der geschweiften Klammern gültig, die die Variablendeklaration beinhalten. Dies verdeutlicht Listing 4.4.

Die Variable `memberVariable` ist innerhalb der gesamten Klasse `ScopeExample`, also in jeder enthaltenen Methode, verschachtelten Klassen und wiederum deren Methoden, gültig. Eine Variable mit selbem Namen kann auch innerhalb einer Methode deklariert werden. Auf die Instanzvariable kann mit dem `this`-Schlüsselwort zugegriffen werden. In geschachtelten Klassen muss zusätzlich der Klassenname vorangestellt werden wie Zeile 27 zeigt. Ist keine lokale Variable mit selbem Namen vorhanden, so kann dieses Schlüsselwort auch weggelassen werden.

Wie Zeile 19 zeigt ist es auch nicht möglich auf lokale Variablen einer anderen Funktion zuzugreifen. Gleiches gilt für Instanzvariablen verschachtelter Klassen.

```
1  package de.masterthesis;
2
3  public class ScopeExample {
4
5      int memberAndLocalVariable;
6
7      void memberFunction(int parameter) {
8          // innerMemberVariable = 0; -> Ungültig
9          int memberAndLocalVariable = 0;
10         {
11             // int memberAndLocalVariable = 1; -> Ungültig
12             int localVariable;
13         }
14         int localVariable;
15         this.memberAndLocalVariable = 0;
16     }
17
18     void otherMemberFunction() {
19         // parameter = 0; -> Ungültig
20         this.memberAndLocalVariable = 0;
21     }
22
23     class InnerClass {
24         int innerMemberVariable;
25
26         void innerMemberFunction(int innerParameter) {
27             ScopeExample.this.memberAndLocalVariable = 0;
28             innerParameter = 0;
29         }
30     }
31 }
```

```

30     }
31 }

```

Listing 4.4.: Variablendeklarationen mit verschiedenen Scopes

## Variablen in COBOL

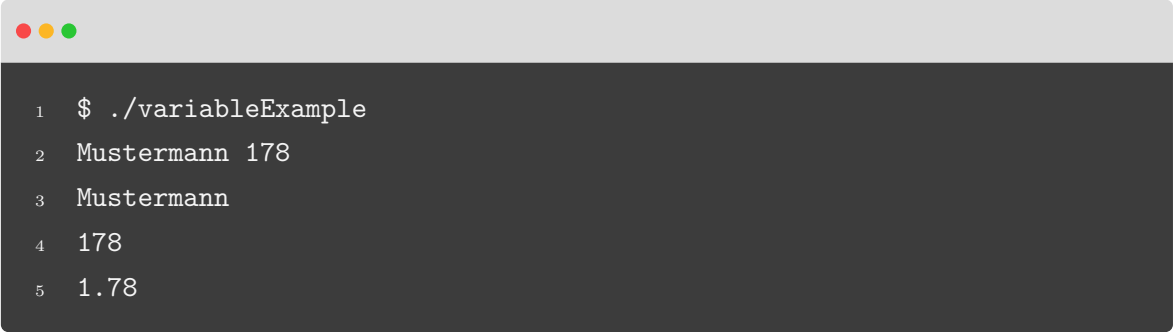
Die Deklaration von Variablen unterscheidet sich in COBOL stark von der in Java. Neben der Eigenschaft, dass Variablen nur innerhalb der **DATA DIVISION** – als Teil der **WORKING-STORAGE SECTION** oder der **LOCAL-STORAGE SECTION** – deklariert werden können, ist in COBOL die Definition eines Datentyps gleichzeitig auch die Festlegung der Ausgabe-Repräsentation dieser Variable.

Dies sorgt dafür, dass bereits an der Stelle der Variablendeklaration festgelegt werden muss, wie diese Daten im folgenden Programm dargestellt werden. Das Schlüsselwort dafür ist die **PICTURE**- oder kurz **PIC**-Anweisung.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. VARIABLE-EXAMPLE RECURSIVE.
3      DATA DIVISION.
4      WORKING-STORAGE SECTION.
5      01 PERSON-DATA.
6          05 PERSON-NAME PIC X(10) VALUE "Mustermann".
7          05 FILLER PIC X VALUE SPACE.
8          05 PERSON-HEIGHT-CM PIC 9(3) VALUE 178.
9          05 PERSON-HEIGHT-M REDEFINES PERSON-HEIGHT-CM PIC 9V99.
10
11     PROCEDURE DIVISION.
12         DISPLAY PERSON-DATA.
13         DISPLAY PERSON-NAME.
14         DISPLAY PERSON-HEIGHT-CM.
15         DISPLAY PERSON-HEIGHT-M.
16
17     END PROGRAM VARIABLE-EXAMPLE.

```



```
1 $ ./variableExample
2 Mustermann 178
3 Mustermann
4 178
5 1.78
```

Listing 4.5.: Variablendeklarationen in COBOL

Listing 4.5 demonstriert die Deklaration von vier Variablen. Variablen Anhand dieses Beispiels sollen wiederum verschiedene Konzepte der Variablendeklaration in COBOL illustriert werden

Jede Variablendeklaration beginnt mit einer Stufennummer. Diese Stufennummer sorgt für Gruppierung von Variablen. Zulässig sind dabei Zahlen zwischen 01 und 49. Die Stufennummern sollten mit ausreichendem Abstand gewählt werden – in der Praxis werden dazu 5er-Schritte gewählt – um ein nachträgliches Einfügen zwischen zwei Stufennummern zu erleichtern. Die speziellen Stufennummern 66, 77 und 88 werden später separat behandelt. Wie das Beispiel zeigt, lassen sich auf einzelne Variablen auch über den Gruppennamen zugreifen. Konstanten sind hierbei in COBOL nicht möglich und so gilt es, wie Herr Bonev und Herr Lamperstorfer betonten, sicherzustellen, dass konstante Werte an keiner Stelle des Programms verändert werden.

Der Stufennummer folgt ein eindeutiger Name für die Variable. An dieser Stelle kann jedoch auch das Schlüsselwort **FILLER** verwendet werden. Dies sorgt dafür, dass eine Platzhaltervariable angelegt wird, auf die jedoch später nicht direkt zugegriffen werden kann.

Die Festlegung der Repräsentation geschieht wie bereits erwähnt durch ein **PIC**. Nach diesem **PIC** wird festgelegt wie diese Variable dargestellt werden soll. »X« steht dabei für ein alphanumerisches, »9« für ein numerisches Zeichen und »A« für einen Buchstaben. Die Angabe der Stellen einer Variable wird durch die Wiederholung des jeweiligen Zeichens oder die verkürzte Notation mit der nachgestellten Anzahl der Wiederholungen in runden Klammern – z.B. XXXX  $\hat{=}$  X(4) – erreicht. Als Dezimaltrennzeichen wird wie gezeigt ein »V« verwendet und ein vorangestelltes »S« sorgt dafür, dass eine numerische Variable ein Vorzeichen führt. Es wird also genau festgelegt wie viele Vor- und Nachkommastellen eine Variable hat.

Die Initialisierung einer Variable erfolgt durch die **VALUE**-Anweisung, gefolgt von dem Wert, welcher der Variablen zugewiesen werden soll. Dabei gibt es die Schlüsselwörter **SPACE** bzw. **SPACES** und **ZERO** bzw. **ZEROS**, die anstelle eines Wertes verwendet werden können, um eine Variable mit Leerzeichen bzw. Nullen zu initialisieren.

Durch die Definition der Repräsentation findet man in der Praxis oft Variablen, die auf den selben Speicherbereich wie eine andere Verweisen, jedoch die dort enthaltenen Daten anders darstellen bzw. interpretieren. Dies geschieht wie im Beispiel gezeigt mithilfe des Schlüsselworts **REDEFINES**.

Eine Typsicherheit ist in COBOL nicht ausreichend gewährleistet. So kann eine Variable mit **REDEFINES** oder eine Variable, welche die eigentliche gruppiert, den Speicherbereich einer anderen mit, unter Umständen ungültigen, Werten befüllen. Auch sind uninitialisierte Variablen teilweise mit falschen Datentypen vorbelegt.

Auch der Scope von Variablen in COBOL unterscheidet sich sehr stark von Java. Allgemein kann festgehalten werden, dass auf eine Variable von jeder Stelle innerhalb eines Programms aus zugegriffen werden kann. Das sorgt dafür, dass schnell Fehler auftreten können, die sich durch unbeabsichtigten Zugriff auf falsche Variablen ergeben. In der Praxis sind diese, so alle befragten Experten übereinstimmend, häufiger beobachtbar und bergen hohes und vor allem schwer auszumachendes Fehlerpotential. An dieser Stelle sei lediglich der Unterschied der **WORKING-STORAGE SECTION** und der **LOCAL-STORAGE SECTION** erwähnt. Während Variablenwerte in ersterer über mehrere Programmaufrufe hinweg erhalten bleiben, werden Variablen der **LOCAL-STORAGE SECTION** bei jedem Aufruf neu instanziiert. Diesen Unterschiedes sind sich COBOL-Entwickler in der Praxis nicht immer bewusst, obwohl so zumindest teilweise eine Reduzierung von Seiteneffekten durch falsch belegte Variablen erreicht werden könnte. Daher war Herrn Streits Vorschlag, Variablen wenn möglich in der **LOCAL-STORAGE SECTION** anzulegen.

Zum Abschluss dieses Abschnitts sei erwähnt, dass der Speicherplatz von Variablen weder in COBOL noch in Java händisch freigegeben werden. In Java sorgt der *garbage collector* dafür, dass Speicherbereich, der nicht mehr verwendet wird wieder freigegeben wird. In COBOL geschieht dies mit dem Ende eines Programms.



### 4.2.1. Felder

Eine zentrale Datenstruktur in der Programmierung stellen Felder oder Arrays dar. Dabei handelt es sich um eine geordnete Sammlung von Werten des selben Typs auf die, im Gegensatz zu z.B. verketteten Listen, direkt zugegriffen werden kann.

```

1  public class Arrays {
2
3      public static void main(String[] args) {
4          int[] intArray = new int[10];
5
6          for(int counter = 0; counter < intArray.length; counter++)
7              {
8                  intArray[counter] = counter;
9              }
10     }
11 }
```

Listing 4.6.: Felder in Java

Zeile 4 in Listing 4.6 beschreibt das Anlegen eines Arrays in Java mittels **new**-Schlüsselwort, wohingegen Zeile 8 den Zugriff auf ein Element zeigt. Die Indizierung der Elemente beginnt dabei mit dem Element 0. Ein Feld der Größe 10 hat also die Indizes 0 – 9. Sowohl beim Anlegen als auch beim Zugreifen auf ein Element des Arrays wird der **[]**-Operator verwendet.

In COBOL können Felder durch **OCCURS**, gefolgt von der Anzahl der zu speichernen Werte und **TIMES** angelegt werden. Dies illustriert Listing 4.7. Das **INDEXED BY**-Schlüsselwort kann dazu genutzt werden, eine Variable zu definieren, mit der das Array indiziert werden kann. Dies ist jedoch nicht zwangsläufig notwendig.

```

1  IDENTIFICATION DIVISION.
2  PROGRAM-ID.  ARRAYS.
3
4  DATA DIVISION.
5  WORKING-STORAGE SECTION.
6      01 ARRAY-ELEMENT PIC 9(2) OCCURS 10 TIMES
7          INDEXED BY ELEMENT-INDEX.
8
9  PROCEDURE DIVISION.
10 MAIN-PROCEDURE.
11     ACCEPT ELEMENT-INDEX.
```

```
12      ACCEPT ARRAY-ELEMENT(ELEMENT-INDEX) .  
13      DISPLAY ARRAY-ELEMENT(ELEMENT-INDEX) .  
14      STOP RUN .  
15  
16      END PROGRAM ARRAYS .
```

Listing 4.7.: Felder in COBOL

In Zeile 12 ist der Zugriff auf ein einzelnes Feld-Element zu sehen. Dies geschieht in COBOL mittels runder Klammern. Zu beachten ist hierbei, dass COBOL die einzelnen Elemente beginnend mit 1 indiziert. Im Gegensatz zu Java hat ein Array der Größe 10 in COBOL also die Indizes 1 – 10.

Eine erwähnenswerte Besonderheit von Feldern in COBOL und in Java ist, dass diese auch mehrdimensional sein können. Jedes Element der ersten Dimension besteht also aus einem weiteren Feld. Ein Zugriff auf ein beispielhaftes zweidimensionales Array ist dann mittels `[] []` in Java bzw. `(X,Y)` in COBOL möglich. Java und COBOL unterscheiden sich jedoch dahingehend, dass COBOL auch einen Zugriff auf eine ganze Dimension ermöglicht wohingegen in Java stets ein einzelnes Element referenziert werden muss. Dies gilt sowohl für schreibenden als auch lesenden Zugriff.

Eine weitere Gemeinsamkeit ist die Tatsache, dass Felder in beiden Sprachen eine feste Größe haben. Nach dem Anlegen des Feldes kann diese Größe nicht mehr geändert werden. Jedoch muss in COBOL bereits zur Zeit der Kompilierung festgelegt werden, wie viele Elemente ein Array beinhalten soll. In Java kann diese Größe auch variabel zur Laufzeit des Programms festgelegt werden.

### 4.3. Programmablauf und Kontrollfluß

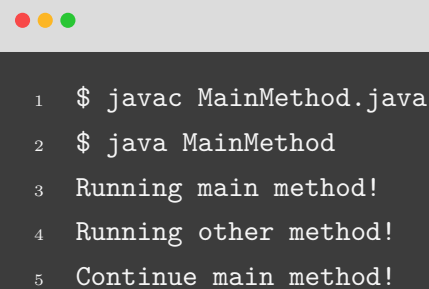
Durch die in Abschnitt 4.4 erläuterten Unterschiede ergeben sich auch im Programmablauf Diskrepanzen. Während Java einen definierten Einstiegspunkt in ein Programm hat (`main`-Methode) wird ein COBOL-Programm stets sequenziell von oben nach unten abgearbeitet und durchlaufen. Diese Abarbeitung beginnt am Anfang der **PROCEDURE DIVISION**.

## Programmablauf in Java

```

1  public class MainMethod{
2      public static void main(String[] args) {
3          System.out.println("Running main method!");
4          otherMethod();
5          System.out.println("Continue main method!");
6      }
7
8      public static void otherMethod() {
9          System.out.println("Running other method!");
10     }
11 }

```



```

1  $ javac MainMethod.java
2  $ java MainMethod
3  Running main method!
4  Running other method!
5  Continue main method!

```

Listing 4.8.: Java main-Methode

Listing 4.8 demonstriert einen sehr simplen Programmablauf in Java. Wie bereits erwähnt ist der Startpunkt eines jeden Java-Programms die `main`-Methode. Von dieser aus können weitere Methoden aufgerufen werden und sobald das Ende dieser Methode erreicht ist terminiert das Programm. Im vorliegenden Beispiel wird also nach einer Ausgabe in `main`, die Funktion `otherMethod` aufgerufen, bevor der Ablauf wieder in der `main`-Methode fortgesetzt wird. Daran soll folgendes Verhalten deutlich werden: Endet eine aufgerufene Funktion wie geplant – d.h. ohne eine `Exception`

reference exception section

– wird stets mit der nächsten Anweisung nach dem Funktionsaufruf fortgefahren.

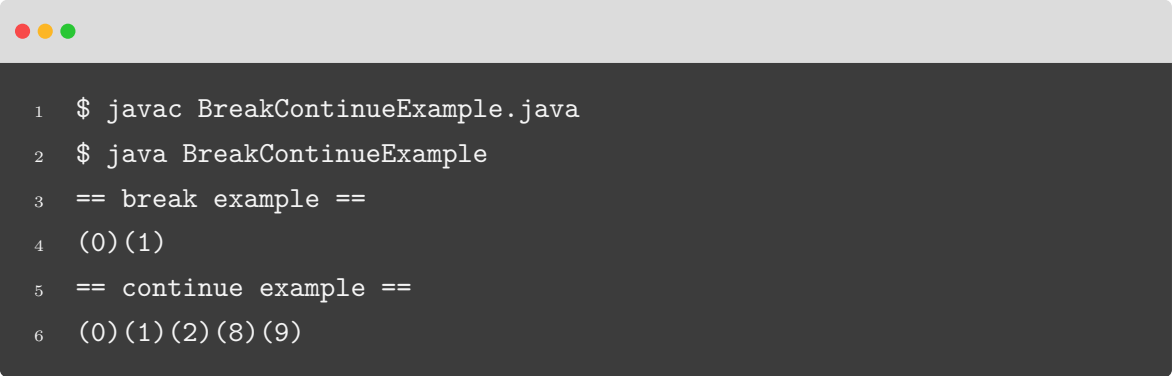
Weitere Schlüsselwörter die den Kontrollfluß steuern können sind außerdem `break`, `continue` und `goto`. Zu beachten ist dabei, dass das `goto`-Schlüsselwort zwar im

Sprachstandard noch definiert ist, jedoch in keiner gängigen JVM implementiert ist. Die Verwendung führt zu Fehlern beim Kompilieren. In Listing 4.9 finden sich beispielhafte Verwendungen der beiden anderen Schlüsselwörter.

```

1  public class BreakContinueExample {
2
3      public static void main(String[] args) {
4          breakExample();
5          continueExample();
6      }
7
8      private static void breakExample() {
9          System.out.println("\n== break example == ");
10         for (int counter = 0; counter < 10; counter++) {
11             if (counter > 1 && counter < 8)
12                 break;
13             System.out.print("(" + counter + " ");
14         }
15     }
16
17     private static void continueExample() {
18         System.out.println("\n== continue example == ");
19         for (int counter = 0; counter < 10; counter++) {
20             if (counter > 2 && counter < 8)
21                 continue;
22             System.out.print("(" + counter + " ");
23         }
24     }
25 }

```



```

1  $ javac BreakContinueExample.java
2  $ java BreakContinueExample
3  == break example ==
4  (0)(1)
5  == continue example ==
6  (0)(1)(2)(8)(9)

```

Listing 4.9.: Beispiele für die Verwendung von break und continue in Java

Ein einfaches **break** sorgt wie gezeigt dafür, dass die direkt umfassende Schleife verlassen wird. Auch ein simples **continue** hat Auswirkungen auf die direkt beinhaltende Schleife. So sorgt es dafür, dass der aktuelle Schleifendurchlauf abgebrochen und mit dem nächsten fortgefahren wird. Unterabschnitt 4.7.2 zeigt eine weitere Verwendung des **break**-Statements. Deutlich unüblicher – jedoch nicht weniger relevant – ist der Gebrauch eines Labels in Java. Dieses Label kann in der Verbindung mit einer **break**- oder **continue**-Anweisung genutzt werden, um mehrere umfassende Schleifen verlassen bzw. um mit dem nächsten Schleifendurchlauf einer weiter außen befindlichen Schleife fortgefahren zu werden. Die Anweisung betrifft dabei die Schleife, welche das Label trägt.

Als letzter wichtiger Punkt muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass es in Java möglich und auch üblich ist, Programme nebenläufig zu entwickeln. Das heißt mehrere Threads arbeiten parallel und führen Verarbeitungen – je nach Hardware nur scheinbar – gleichzeitig aus. Dabei muss der Entwickler auf die Synchronisation von gemeinsam genutzten Speicherbereichen achten, um gültige Daten zu gewährleisten. Diese Nebenläufige Programmierung birgt zwar ein gewisses Fehlerpotential bei der Implementierung, sorgt jedoch dafür, dass Logik tendenziell effizienter ausgeführt wird.

## Programmablauf in COBOL

In COBOL gestaltet sich der Programmablauf gänzlich anders. Das Programm wird stets von oben nach unten durchlaufen. Wobei dieser lineare Ablauf z.B. durch die Verwendung von **PERFORM**-, **CALL**-, **GO TO**- oder **NEXT STATEMENT**

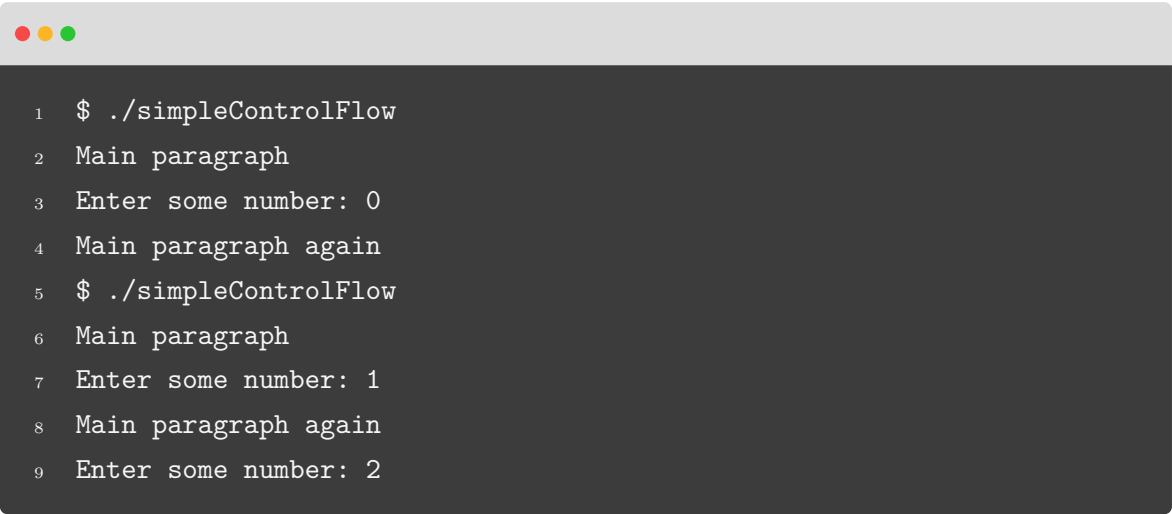
**NEXT STATEMENT** erklären

-Anweisungen verändert werden kann. An dieser Stelle sei ausdrücklich erwähnt, dass die Verwendung des **GO TO**-Befehls unter allen Umständen unerlassen werden sollte, da ansonsten sehr schwer verständlicher und wartbarer Code entsteht! Leider findet man sich in der Praxis oftmals mit Code konfrontiert, der **GO TO**-Befehle zur Steuerung des Ablaufs verwendet.

Die Ausführung eines COBOL-Programms endet beim Erreichen einer **STOP RUN**-Anweisung oder mit dem Ende des Programms (**END PROGRAM**).

Ein Unterprogramm wird mit **CALL** aufgerufen und gibt hingegen mit **GOBACK** die Kontrolle zurück an das aufrufende Programm.

```
1      IDENTIFICATION DIVISION.  
2      PROGRAM-ID. SIMPLE-CONTROL-FLOW.  
3  
4      DATA DIVISION.  
5      WORKING-STORAGE SECTION.  
6          01 INPUT-NUMBER PIC 9.  
7          88 IS-ZERO VALUE 0.  
8  
9      PROCEDURE DIVISION.  
10     MAIN-PARAGRAPH.  
11         DISPLAY "Main paragraph".  
12         PERFORM SECOND-PARAGRAPH.  
13         DISPLAY "Main paragraph again".  
14         IF IS-ZERO THEN  
15             STOP RUN  
16         END-IF.  
17  
18     SECOND-PARAGRAPH.  
19         DISPLAY "Enter some number: " WITH NO ADVANCING.  
20         ACCEPT INPUT-NUMBER.  
21  
22     END PROGRAM SIMPLE-CONTROL-FLOW.
```



```
1 $ ./simpleControlFlow  
2 Main paragraph  
3 Enter some number: 0  
4 Main paragraph again  
5 $ ./simpleControlFlow  
6 Main paragraph  
7 Enter some number: 1  
8 Main paragraph again  
9 Enter some number: 2
```

Listing 4.10.: Programmablauf in COBOL

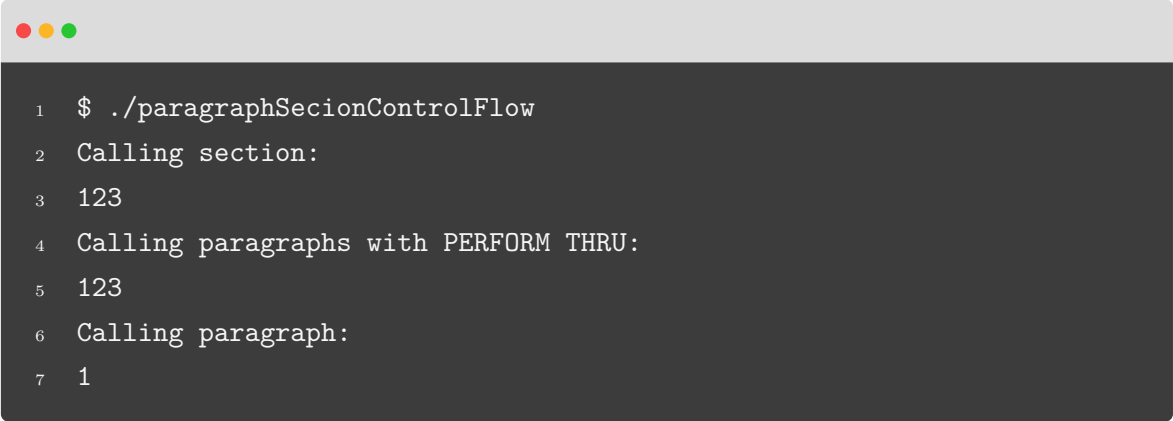
Die beiden Ausführungen von Listing 4.10 zeigen das angesprochene Verhalten eines COBOL-Programms. Beim ersten Durchlauf wird für die Variable `INPUT-NUMBER` der Wert 0 eingegeben, was durch das Ausführen der `STOP RUN`-Anweisung in Zeile 15, das Beenden des Programmes bewirkt. Beim zweiten Mal wird hingegen der Wert 1 eingegeben. Dieser Wert verhindert das Abschließen des Programms in Zeile 15, wodurch der Programmablauf in Zeile 17 fortgesetzt wird und somit erneut die Eingabeaufforderung erscheint.

Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben besteht ein COBOL-Programm aus verschiedenen strukturellen Komponenten. Diese haben auch einen gewissen Einfluss auf den Programmablauf. Dies soll das Beispiel in Listing 4.11 veranschaulichen.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. PARAGRAPH-SECTION-CONTROL-FLOW.
3
4      PROCEDURE DIVISION.
5      MAIN-PROCEDURE.
6          DISPLAY "Calling section:".
7          PERFORM TEST-SECTION.
8          DISPLAY SPACE.
9          DISPLAY "Calling paragraphs with PERFORM THRU:".
10         PERFORM FIRST-TEST-PARAGRAPH THRU THIRD-TEST-PARAGRAPH.
11         DISPLAY SPACE.
12         DISPLAY "Calling paragraph:".
13         PERFORM FIRST-TEST-PARAGRAPH.
14         STOP RUN.
15
16     TEST-SECTION SECTION.
17     FIRST-TEST-PARAGRAPH.
18         DISPLAY "1" WITH NO ADVANCING.
19
20     SECOND-TEST-PARAGRAPH.
21         DISPLAY "2" WITH NO ADVANCING.
22
23     THIRD-TEST-PARAGRAPH.
24         DISPLAY "3" WITH NO ADVANCING.
25
26
27     END PROGRAM PARAGRAPH-SECTION-CONTROL-FLOW.

```



```

1  $ ./paragraphSecionControlFlow
2  Calling section:
3  123
4  Calling paragraphs with PERFORM THRU:
5  123
6  Calling paragraph:
7  1

```

Listing 4.11.: Programmablaufunterschiede in COBOL mit Sections und Paragraphs

Wird mittels **PERFORM** eine *SECTION* aufgerufen, so werden alle Paragraphs innerhalb dieser *SECTION* der Reihe nach ausgeführt. Ruft man jedoch einen Paragraph auf, so wird nur dieser Paragraph ausgeführt. Eine weitere Möglichkeit ist die Kombination des

**PERFORM** mit dem **THRU**-Schlüsselwort. Hierbei werden alle Paragraphs zwischen zwei festgelegten Paragraphs ausgeführt. Der Kontrollfluss geht bei jeder Variante stets an das Statement nach dem **PERFORM**.

Um Verwirrungen vorzubeugen und lesbaren Code zu erhalten sollten alle Paragraphs stets Teil einer *SECTION* sein und auch nur diese Ziel einer **PERFORM**-Anweisung sein. Der letzte Paragraph einer *SECTION* sollte dabei immer ein **EXIT**-Paragraph sein, also nur das Schlüsselwort **EXIT** beinhalten. So ist das Ende einer *SECTION* beim lesen des Codes klar erkennbar. Dieses Vorgehen wurde auch von Richards bereits 1984 als best-practice beschrieben [17]. Die meisten Code-Beispiele dieser Arbeit enthalten bewusst keinen separaten **EXIT**-Paragraph, um den Umfang und die Übersichtlichkeit der Listings so gering wie möglich zu halten.

In COBOL ist die bereits angesprochene nebenläufige Ausführung nicht möglich. Ein COBOL-Programm führt Verarbeitungsschritte stets sequenziell aus und erlaubt keine parallelen Ausführungen. Über einen Transaktionsmonitor

Transaktionsmonitor beschreiben

ist es jedoch teilweise möglich, dass verschiedene Programme gleichzeitig ausgeführt werden. Jedoch haben diese keine Kenntnis von anderen ausgeführten Programmen. Teilweise können verschiedene Programme auch die gleichen Speicherbereiche reservieren und so quasi miteinander arbeiten. Jedoch gibt es in COBOL keine Möglichkeit zur Synchronisation, weshalb dieses Vorgehen nur sehr selten beobachtet werden kann.

## 4.4. Funktionen und Rückgabewerte

Ein wichtiger Bestandteil von vielen Programmiersprachen sind Prozeduren und Funktionen. Dabei handelt es sich um Codeabschnitte, die von einer anderen Stelle aus aufgerufen werden können. Im Gegensatz zu Prozeduren, die bestimmte Verarbeitungsschritte durchlaufen, liefern Funktionen dabei noch zusätzlich einen Rückgabewert.



## Java

In Java muss jede Anweisung Teil einer Funktion sein. Wie in Abschnitt 4.3 beschrieben startet ein Java-Programm auch innerhalb einer Funktion. Die Unterscheidung zwischen Funktion und Prozedur wird in Java gängigerweise nicht getroffen. Oft findet sich auch die Bezeichnung Methode. Java unterscheidet sich von manchen anderen modernen Sprachen dadurch, dass es keine Methodenschachtelungen erlaubt.

```
1  public class MethodExample {
2
3      public void printGreeting(String greeting) {
4          System.out.println(greeting);
5      }
6
7      public String getGreeting(String firstName, String surname) {
8          return String.format("Hello %s %s!", firstName, surname);
9      }
10
11     public void process() {
12         String greeting = getGreeting("Max", "Mustermann");
13         printGreeting(greeting);
14     }
15 }
```

Listing 4.12.: Methoden in Java

Listing 4.12 zeigt verschiedene Methoden. An diesem Beispiel sollen zwei wichtige Konzepte dargestellt werden:

- **Übergabe von Parametern** Wie gezeigt erhalten die Funktionen unterschiedliche Parameter. Die Methode `process()` zum Beispiel erhält keinen Parameter, wohingegen `getGreeting(String, String)` zwei Parameter vom Typ `String` erwartet.
- **Rückgabe eines Wertes** Eine Funktion muss stets den Typ ihres Rückgabewertes definieren. Soll kein Rückgabewert geliefert werden so ist der Typ als `void` zu definieren. Im Gegensatz zu anderen Sprachen kann eine Methode in Java lediglich einen Wert zurückliefern.

Der Aufruf einer Funktion erfolgt wie in Zeile 12 gezeigt mittels Methodenname und den zu übergebenen Parametern. Um eine Funktion zu verlassen wird das Schlüsselwort **return** verwendet. In Verbindung mit einer Variablen oder einem Literal gibt dieses Statement einen Rückgabewert an die aufrufende Funktion zurück.

Eine eher selten genutzte, wenn doch elegante Möglichkeit die sich mit Funktionen in Java bietet, ist die Rekursion. Dabei handelt es sich um eine Funktion die sich selbst aufruft.

```
1  public class RecursionExample {  
2  
3      public static int facultyRecursive(int number) {  
4          if (number <= 1)  
5              return 1;  
6          return number * facultyRecursive(number - 1);  
7      }  
8  
9      public static int facultyIterative(int number) {  
10         int product = 1;  
11         while (number > 1) {  
12             product = product * number;  
13             number--;  
14         }  
15         return product;  
16     }  
17 }
```

Listing 4.13.: Rekursion in Java

Die Funktionen `facultyRecursive` und `facultyIterative` in Listing 4.13 berechnen die Fakultät einer übergebenen Zahl. Klar ersichtlich ist, dass auch schon ein sehr kleines Beispiel durch eine rekursive Implementierung eleganter und durch weniger Code ausgedrückt werden kann. Auf der anderen Seite ist die iterative Implementierung stets sicherer, da die rekursive Variante unter Umständen an die nicht fest definierte Grenze der maximalen Rekursionstiefe gelangt.

## COBOL

Das Konzept einer Funktion existiert in COBOL nicht. Lediglich das Aufrufen einer *SECTION* oder eines Paragraphs mithilfe eines **PERFORM** geben ansatzweise ähnliche Möglichkeiten und können daher als Vergleich herangezogen werden. Jedoch können dabei weder Parameter übergeben noch ein Wert zurückgeliefert werden. Darum ist es nötig Werte, die innerhalb einer *SECTION* verwendet werden sollen in Variablen zu kopieren. Auch ein Wert, der zurückgeliefert werden soll muss in eine solche Variable kopiert werden. Wie in ?? beschrieben sind diese Variablen jedoch immer global innerhalb eines Programms definiert.

Oft bringt das allerdings Probleme mit sich. Zum Beispiel werden in der Praxis oft Variablen, die für etwas anderes gedacht sind, an einer anderen Stelle wiederverwendet. So ist nicht ganz klar, welchen Zweck Variablen erfüllen. Ein weiterer großer Nachteil ist, dass Logik oftmals kopiert und sehr ähnlich nochmals geschrieben werden muss, um auf anderen Daten zu operieren.

Rekursive **PERFORM**-Aufrufe sind zwar syntaktisch möglich, jedoch führt die Ausführung zu einem undefinierten Verhalten des Programms und ist deshalb in jedem Fall zu unterlassen. Es kann quasi festgehalten werden, dass Rekursionen innerhalb eines Programms in COBOL nicht möglich sind. Anders sieht es dabei mit gesamten Programmen aus.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. FACULTY RECURSIVE.
3
4      DATA DIVISION.
5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          01 WS-NUMBER PIC 9(4) VALUE 5.
7          01 WS-PRODUCT PIC 9(4) VALUE 0.
8      LOCAL-STORAGE SECTION.
9          01 LS-NUMBER PIC 9(4).
10
11     PROCEDURE DIVISION.
12         IF WS-NUMBER = 0
13             MOVE 1 TO WS-PRODUCT
14         ELSE
15             MOVE WS-NUMBER TO LS-NUMBER
16             COMPUTE WS-NUMBER = WS-NUMBER - 1
17             CALL "FACULTY"
18             COMPUTE WS-PRODUCT = LS-NUMBER * WS-PRODUCT
19         END-IF.
20         IF LS-NUMBER = 5
21             DISPLAY WS-PRODUCT
22         END-IF.
23         GOBACK.
24
25     END PROGRAM FACULTY.
```

#### Listing 4.14.: Rekursion in COBOL

Listing 4.14 enthält analog zu gezeigtem Java-Beispiel auch ein Programm, welches Rekursiv die Fakultät einer Zahl errechnet und ausgibt. Wichtig ist hierbei vor allem die **RECURSIVE** Definition hinter dem Programmnamen in Zeile 2. Die **WORKING-STORAGE SECTION** enthält dabei Variablen, welche von jeder Instanz des rekursiv aufgerufenen Programms gemeinsam genutzt werden. In **LOCAL-STORAGE SECTION** finden sich Variablen, deren Gültigkeitsbereich sich auf die aktuelle Aufrufinstanz beschränken.

## 4.5. Dateien

## 4.6. Konventionen

Im folgenden Abschnitt sollen bestimmte Konventionen dargestellt werden, die in COBOL bzw. Java gelten.

### Groß- und Kleinschreibung

Bei der Programmierung behilft man sich oftmals der Groß- und Kleinschreibung, um ein höheres Maß an Struktur und Lesbarkeit des Codes zu erreichen.

#### Java

Wichtig ist hierbei vorneweg zu beachten, dass Java »case-sensitive« ist, also zwischen Groß- und Kleinbuchstaben unterscheidet, während COBOL »case-insensitive« ist, also – außer in Strings – keinen Unterschied macht. In Java ist es üblich Methodennamen und veränderbare Variablen mit einem kleinen Buchstaben beginnend zu benennen. Besteht der Name aus mehreren Wörtern so wird dieser im »camel-case« geschrieben. Das heißt, dass stets Großbuchstaben für den Beginn eines neuen Wortes verwendet werden. Beispiele hierfür wären `getAdditionalData()` oder `int`

`currentAmountOfMoney`. Klassennamen werden in dem selben Muster geschrieben, beginnen jedoch mit einem Großbuchstaben: `ToolBox`. Zu guter letzt sollten konstante Variablen und Werte innerhalb eines Aufzählungstyps durchgehend aus Großbuchstaben bestehen, wobei einzelne Wörter mit einem Unterstrich voneinander getrennt werden (`final int MULTIPLY_FACTOR = 2`).

## COBOL

COBOL hingegen unterscheidet bei Variablennamen und Schlüsselwörtern nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung. Es ist jedoch üblich sowohl Schlüsselwörter als auch Variablennamen komplett groß zu schreiben. Dies rührt daher, dass COBOL aus der Lochkartenzeit stammt, die meist lediglich Großbuchstaben im Zeichensatz hatten. Auch frühe Hostsysteme auf denen COBOL entwickelt und ausgeführt wurden arbeiteten meist nur mit Großschreibung, sodass Programme auch über die Zeit hinweg nur so geschrieben wurden.

## Affixe

Ein weiteres wichtiges Werkzeug bei der Strukturierung von Programmcode ist das Versehen mit Affixen (Prä- oder Suffixen).

## Java

In Java ist es hierbei nicht ratsam Affixe zu verwenden. Da diese jedoch in einigen bestehende Codebasen Verwendung finden, werden an dieser Stelle die üblichsten behandelt. Oftmals werden Interfaces in Java mit einem vorangestellten »I« gekennzeichnet. Diese Konvention sorgt jedoch dafür, dass Implementierungen eines Interfaces namentlich nicht immer klar abgegrenzt und definiert sind. Wird beispielsweise ein Interface `IOutput` definiert so könnten valide Implementierungen `ConsoleOutput` oder `PrinterOutput` sein. Jedoch erlaubt dies namentlich auch die Interface-Implementierung namens `Output`, bei der nicht ausreichend klar ist was der Zweck dieser Klasse ist. Ein weiterer Codingstil der gelegentlich angewendet wird ist das Nutzen von »m« und »s« als Präfix von Variablen. Diese sollen kennzeichnen, dass eine Variable entweder Instanzvariable (**m**ember) oder statisch (**s**tatic) ist. Durch die Verwendung von modernen IDEs, die beide farblich unterschiedlich darstellen, und des Schlüsselwortes `this`, welches

exakt für Referenzen auf Instanzvariablen gedacht ist, werden Variablen jedoch bereits ausreichend gekennzeichnet, sodass der Code durch die Verwendung dieser Präfixe unnötigerweise schwerer lesbar gemacht wird.

## COBOL

In COBOL ist es in der Praxis dagegen sehr sinnvoll Affixe zu verwenden. Dadurch, dass es nicht möglich ist lokale Variablen zu definieren erlauben es Präfixe schnell und übersichtlich kenntlich zu machen, welche Variablen zu welchem Programmteil gehören. Dabei handelt es sich um eine Best-Practice-Methode, um den Code verständlicher und leichter lesbar zu machen, wie *Herr Streit* im Fachinterview betonte, auch wenn in der Praxis oftmals darauf verzichtet wird.

So kann man den Namen einer *SECTION* oder eines Paragraph mit einem Präfix versehen und die darin genutzten Variablen mit demselbigen kennzeichnen. Beispielsweise sollte eine Variable **PC-100-VALUE** nur in der *SECTION* **PC-100-PROCESS** verwendet werden.

Oft finden sich in bestehendem Code auch Präfixe welche die Art des Speichers – z.B. **WS-** für **WORKING-STORAGE** – kennzeichnen. Eine Benennung nach den genutzten Programmteilen ist jedoch vorzuziehen und sorgt für klarere Struktur und Lesbarkeit.

## Schlüsselwörter

In COBOL ist es möglich bestimmte Schlüsselwörter zu verkürzen. Dabei kann jedoch nicht beliebig gekürzt werden. Es sind lediglich weitere Schlüsselwörter mit selber Funktion definiert, die genutzt werden können. Ein Beispiel dafür ist die **PICTURE**-Anweisung, die auch als **PIC** geschrieben werden kann. Dabei handelt es sich zwar nicht um eine Konvention im eigentlichen Sinne, jedoch findet sich in der Praxis oftmals COBOL-Code welcher gekürzte Schlüsselwörter verwendet.

In Java ist ein verkürzen von Schlüsselwörtern hingegen nicht möglich.

Ein Statement pro Zeile, Einrückungen... -> Struktur / Aufbau des Codes (Verweis auch auf das Strukturkapitel, welches Strukturen enthält die nicht konventionell sondern fest vorgegeben sind.)

## 4.7. Weitere Sprachkonzepte

### 4.7.1. Benannte Bedingungen

Neben den bereits angesprochenen Stufennummern stellt die 88 eine weitere Besonderheit in COBOL dar. Mit ihr ist es möglich einer Variable einen Wahrheitswert zuzuweisen, der von einem anderen Variablenwert abhängt. Es entsteht eine sogenannte benannte Bedingung.

Listing 4.15 zeigt die Verwendung der Stufennummer 88. Die Variable `AGE` kann dabei zweistellige numerische Werte enthalten die einem beispielhaften Alter entsprechen, welches zu Beginn mit 13 vorbelegt wird. Liegt der Wert zwischen 0 und 17 (`VALUE 0 THRU 17`) so weisen die Variablen `ISUNDERAGE` den Wahrheitswert `TRUE` und `ISADULT` den Wahrheitswert `FALSE` auf.

Der so entstandene Wahrheitswert kann folglich immer dann verwendet werden, wenn getestet werden soll, ob die Variable `AGE` im Bereich zwischen 0 und 17 bzw. zwischen 17 und 99 liegt. Also um zu testen, ob das Alter einer minder- oder volljährigen Person entspricht.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. EIGHTYEIGHT.
3
4      DATA DIVISION.
5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          01 AGE PIC 9(2) VALUE 13.
7              88 ISUNDERAGE VALUE 0 THRU 17.
8              88 ISADULT VALUE 18 THRU 99.
9
10     PROCEDURE DIVISION.
11     MAIN.
12         IF ISUNDERAGE THEN
13             DISPLAY 'Person is underage (AGE = ' AGE ')'
14         ELSE
15             DISPLAY 'Person is adult'
16         END-IF.
17         SET ISADULT TO TRUE
18         DISPLAY 'AGE = ' AGE.
19         STOP RUN.
20
21     END PROGRAM EIGHTYEIGHT.
```

```

1  $ ./eightyeight
2  Person is underage (AGE = 13)
3  AGE = 18

```

Listing 4.15.: Beispiel für COBOL Stufennummer 88

Zeile 14 des Programms illustriert einen weiteren Anwendungsfall der benannten Bedingungen. So lässt sich der Wert der eigentlichen Variable setzen, indem der bedingten Variable der Wahrheitswert **TRUE** zugewiesen wird. Das Ergebnis dieser Zuweisung wird in der Ausgabe von Listing 4.15 in Zeile 3 dargestellt. Zu beachten ist hierbei, dass die meisten COBOL-Compiler nur das Setzen des Wertes **TRUE** erlauben.

Dieses Verhalten wird oftmals ausgenutzt um Variablen mit bestimmten Werten zu belegen. Dieses Verhalten beschreibt Listing 4.16.

```

1  IDENTIFICATION DIVISION.
2  PROGRAM-ID. VALUE-DEFAULT.
3
4  DATA DIVISION.
5  WORKING-STORAGE SECTION.
6      01 ERROR-MESSAGE PIC X(50) VALUE SPACE.
7          88 FIRST-ERROR VALUE "The first error occurred!".
8          88 SECOND-ERROR VALUE "The second error occurred!".
9          88 THIRD-ERROR VALUE "The third error occurred!".
10
11  PROCEDURE DIVISION.
12  MAIN.
13      SET SECOND-ERROR TO TRUE.
14      DISPLAY ERROR-MESSAGE.
15      STOP RUN.
16
17  END PROGRAM VALUE-DEFAULT.

```

Listing 4.16.: Setzen von Werten mithilfe benannter Bedingungen



## Abbildung in Java

Java besitzt kein Sprachkonstrukt, um die Funktionalität der Stufennummer 88 direkt nachzubilden. Eine Möglichkeit gleiches Verhalten darzustellen bietet allerdings die Implementierung spezieller Methoden. Dies soll Listing 4.17 veranschaulichen.

```
1  public class EightyEight{
2
3      public static void main(String[] args) {
4          AgeCheck ageCheck = new AgeCheck();
5          printAgeInformation(ageCheck);
6          ageCheck.setAge(18);
7          printAgeInformation(ageCheck);
8      }
9
10     public static void printAgeInformation(AgeCheck ageCheck)
11     {
12         System.out.println(
13             String.format(
14                 "Age %s is %s!",
15                 ageCheck.getAge(),
16                 ageCheck.isAdult() ? "adult":"underage"
17             )
18         );
19     }
20
21     static class AgeCheck
22     {
23         private int age;
24
25         public AgeCheck() {
26             age = 13;
27         }
28
29         public void setAge(int newAge) {
30             age = newAge;
31         }
32
33         public int getAge() {
34             return age;
35         }
36
37         public boolean isUnderage() {
38             return (0 <= age && age <= 17);
39         }
40     }
41 }
```

```

40
41     public boolean isAdult() {
42         return (age >= 18);
43     }
44 }
45 }

```

Listing 4.17.: Bedingte Werte in Java

Die Methoden `isUnderage` und `isAdult` geben einen Wahrheitswert in Abhängigkeit des Variablenwertes zurück. Die Funktion `setAge` setzt wiederum das Alter.

Der Anwendungsfall, dass eine benannte Bedingung in COBOL verwendet wird um bestimmte Werte zu setzen lässt sich in Java am elegantesten über den Aufzählungstypen `enum` realisieren. Wie der Typ `ErrorMessage` in Listing 4.18 zeigt, setzt jeder einzelne konstante Wert des Aufzählungstypen eine eigene Fehlernachricht, welche anschließend über die `getMessage`-Funktion verfügbar ist.

```

1  public class ValueSet {
2
3      enum ErrorMessage {
4          FIRST_ERROR("The first error occurred!"),
5          SECOND_ERROR("The second error occurred!"),
6          THIRD_ERROR("The third error occurred!");
7
8          private String message;
9
10         private ErrorMessage(String message){
11             this.message = message;
12         }
13
14         String getMessage(){
15             return this.message;
16         }
17     }
18
19     public static void main(String[] args) {
20         ErrorMessage errorMessage = ErrorMessage.SECOND_ERROR;
21         System.out.println(errorMessage.getMessage());
22     }
23 }

```

Listing 4.18.: Setzen eines konstanten Wertes mit einem Enum in Java

## 4.7.2. Mehrfachverzweigungen

Ein wichtiges Konstrukt um den Programmfluß eines Programms zu steuern sind Mehrfachverzweigungen. Obwohl sowohl Java als auch COBOL Mehrfachverzweigungen bieten, sind diese doch leicht unterschiedlich zu verwenden. Im Folgenden sollen verschiedene Verwendungsmöglichkeiten der jeweiligen Konstrukte dargestellt werden.

In Java bildet das **switch-case**-Konstrukt eine Mehrfachverzweigung ab. Listing 4.19 zeigt dabei die wichtigsten Verwendungsmöglichkeiten.

```
1  public class MyCalendar {
2
3      public void printMonthDays(int month)
4      {
5          switch(month){
6              case 1: case 3:
7              case 5: case 7:
8              case 8: case 10:
9              case 12:
10                 System.out.println("This Month has 31 days.");
11                 break;
12
13             case 2:
14                 System.out.println("This Month has either 28 or 29 days.");
15                 break;
16
17             case 4: case 5:
18             case 9: case 11:
19                 System.out.println("This Month has 30 days.");
20                 break;
21
22             default:
23                 System.out.println("Month is not valid");
24                 break;
25         }
26     }
27 }
28 }
```

## Listing 4.19.: Mehrfachverzweigungen in Java

Zum einen ist zu beachten, dass Werte nur mit Literalen und Konstanten verglichen werden können. Ein Vergleich einer Variablen mit einer weiteren ist hierbei nicht zulässig, solange diese nicht als **final** deklariert ist. Auch der Vergleich auf bestimmte Wertebereiche oder nicht-primitive Datentypen ist nicht zulässig (Seit Java 7 sind vergleiche mit String-Literalen möglich).

Jedoch ist ein gewolltes »Durchfallen« möglich um bei verschiedenen Werten die gleichen Programmzweige zu durchlaufen. Dabei spielt das Schlüsselwort **break** eine entscheidende Rolle. Wird kein **break** am Ende einer **case**-Anweisung verwendet, so wird automatisch in den ausführbaren Block der darauffolgenden **case**-Anweisung gesprungen. Dies zeigt sich in den Zeilen 6–9 und 17f. von Listing 4.19. Die Verwendung der **break**-Anweisung wird hingegen in den Zeilen 11, 15 und 20 genutzt um den **switch**-Block zu verlassen.

Das Fehlen eines **break** kann in der Praxis schnell zu unerwünschtem und unerklärlichem Verhalten führen. Deshalb folgt in der Regel jedem **case** ein **break**.

Das Pendant in COBOL stellt das Schlüsselwort **EVALUATE** dar. Wenngleich es den gleichen Sinn wie das **switch-case**-Konstrukt in Java erfüllen soll, ist es vielseitiger einsetzbar wie die folgenden Beispiele illustrieren sollen. Listing 4.20 und Listing 4.21 sind hierbei semantisch gleich, obwohl das **EVALUATE**-Konstrukt jeweils leicht anders verwendet wird.

Das folgende Listing 4.20 führt die Verwendungsmöglichkeit an, die dem **switch-case**-Konstrukt in Java am nächsten kommt. Nach dem **EVALUATE**-Schlüsselwort werden Variablennamen angegeben, deren Werte anschließend in einer **WHEN**-Bedingung betrachtet werden sollen.

Auch hier sieht man in den Zeilen 14, 17, 20, 23 ein gewolltes »Durchfallen« wie in Java. Einziger Unterschied hierbei ist, dass in COBOL jeder ausführbare Block nach einem **WHEN** eigenständig ist somit kein **break** notwendig ist. Ein »Durchfallen« ist also nur möglich, wenn der komplette Anweisungsblock leer ist.

Der **OTHER**-Zweig entspricht in COBOL dem aus Java bekannten **default**. Dieser Zweig wird ausgeführt wenn die Kriterien keines anderen zutreffen.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. SWITCH-CASE-EVALUATE.
3
4      DATA DIVISION.
5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          01 AGE PIC 9(3).
7          01 SEX PIC X(1).
8
9      PROCEDURE DIVISION.
10     MAIN.
11         ACCEPT AGE.
12         ACCEPT SEX.
13         EVALUATE AGE ALSO SEX
14             WHEN 0 THRU 17 ALSO "M"
15             WHEN 0 THRU 17 ALSO "m"
16                 DISPLAY "Underage boy"
17             WHEN 0 THRU 17 ALSO "F"
18             WHEN 0 THRU 17 ALSO "f"
19                 DISPLAY "Underage girl"
20             WHEN 17 THRU 99 ALSO "M"
21             WHEN 17 THRU 99 ALSO "m"
22                 DISPLAY "Adult man"
23             WHEN 17 THRU 99 ALSO "F"
24             WHEN 17 THRU 99 ALSO "f"
25                 DISPLAY "Adult woman"
26             WHEN OTHER
27                 DISPLAY "Unknown age or gender"
28         END-EVALUATE.
29         STOP RUN.
30
31     END PROGRAM SWITCH-CASE-EVALUATE.

```

Listing 4.20.: Mehrfachverzweigungen in COBOL mit ALSO

Die erste Besonderheit, die Listing 4.20 illustrieren soll ist das Testen von jeweils zwei Bedingungen. Dies geschieht mithilfe des **ALSO**-Schlüsselworts. Während in Java lediglich die Evaluation einer einzelnen Bedingung möglich ist, erlaubt COBOL an dieser Stelle die Überprüfung beliebig vieler Kriterien.

Eine weitere Eigenheit zeigt sich in der Auswertung der Variable **AGE**. Hierbei werden im Beispiel Wertebereiche angegeben in denen die Variable liegen kann. Auch das ist in Java so nicht möglich, da wie bereits erwähnt nur mit Literale und Konstanten verglichen werden kann.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. SWITCH-CASE-EVALUATE.
3
4      DATA DIVISION.

```

```

5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          01 FIRST-NUM PIC 9(2).
7          01 SECOND-NUM PIC 9(2).
8
9      PROCEDURE DIVISION.
10     MAIN.
11         ACCEPT FIRST-NUM.
12         ACCEPT SECOND-NUM.
13         EVALUATE TRUE
14             WHEN FIRST-NUM EQUALS SECOND-NUM
15                 DISPLAY "Both numbers are equal"
16             WHEN FIRST-NUM > SECOND-NUM*2 OR FIRST-NUM*2 < SECOND-NUM
17                 DISPLAY "One number is more then twice the other"
18             WHEN FIRST-NUM < SECOND-NUM
19                 DISPLAY "The first number is lower"
20             WHEN FIRST-NUM > SECOND-NUM
21                 DISPLAY "The first number is greater"
22         END-EVALUATE.
23     STOP RUN.

```

Listing 4.21.: Mehrfachverzweigungen in COBOL als EVALUATE TRUE

Listing 4.21 stellt weitere Unterschiede zu Mehrfachverzweigungen in Java dar. So ist diese **EVALUATE TRUE**-Variante (auch als **EVALUATE FALSE** möglich) mit geschachtelten **if**-Abfragen in Java zu vergleichen. Jede Bedingung hinter dem **WHEN**-Schlüsselwort entspricht hierbei einem vollständigen logischen Ausdruck. Daher ist es möglich wie in Zeile 16 gezeigt, Rechenoperationen durchzuführen oder logische Operatoren wie in diesem Fall das **OR** zu verwenden.

Abschließend kann noch erwähnt werden, dass sowohl Variablen-Vergleiche wie in Listing 4.20 als auch **TRUE**-Vergleiche wie in Listing 4.21 zusammen, mithilfe des **ALSO**-Schlüsselworts verwendet werden können.

### 4.7.3. Speicherausrichtung

Dieser Abschnitt soll einen kurzen Abriss über die COBOL Stufennummer 77 geben. Mit der Stufennummer 77 deklarierte Daten haben folgende beiden Eigenschaften:

- Die Variable kann nicht weiter untergruppiert werden.
- Die Variable wird an festen Grenzen des Speichers ausgerichtet.

Während die erste erwähnte Eigenschaft wenig Bewandnis in der Praxis hat, war es früher nötig Variablen für bestimmte Instruktionen an festen Speichergrenzen auszurichten. Üblicherweise mussten die Adressen dieser Grenzen je nach Compiler ganzzahlig durch 4 bzw. 8 teilbar sein. Dieses Verhalten ist heutzutage jedoch nicht mehr nötig. Dies und die Tatsache, dass durch dieses forcierte Speicherausrichtung Speicherbereiche zwischen Daten mit Stufennummer 77 ungenutz, aber jedoch reserviert bleiben, führen dazu, dass diese Stufennummer nicht mehr genutzt werden sollte. In Java gibt es kein vergleichbares Konzept, da die Speicherbelegung gänzlich abstrahiert ist und dem Entwickler nicht ermöglicht wird direkten Einfluss darauf zu nehmen.

#### 4.7.4. Reorganisation von Daten

Wie bereits in Abschnitt 4.2 erwähnt beinhaltet COBOL drei Stufennummern denen eine besondere Rolle zuteilwird. Dieser Abschnitt soll daher kurz die COBOL Stufennummer 66 beschreiben.

In Listing 4.22 wird die Stufennummer 66 in Verbindung mit der **RENAMES**-Anweisung, was zwingend erforderlich ist, verwendet, um Teile der Personendaten neu zu gruppieren. Dies geschieht durch die Verwendung des **THRU**-Schlüsselworts. Ohne die Angabe dieses Bereichs können auch einzelne Variablen umbenannt werden. Wichtig ist hierbei zu erwähnen, dass lediglich eine neue Referenz auf den selben Speicherbereich erstellt, nicht jedoch neuer Speicher alloziert wird.

```
1      IDENTIFICATION DIVISION.  
2      PROGRAM-ID. COBOL-RENAMES-EXAMPLE.  
3      DATA DIVISION.  
4      FILE SECTION.  
5      WORKING-STORAGE SECTION.  
6      01 PERSON-DATA.  
7          05 FIRST-NAME PIC X(10) VALUE "Max".  
8          05 SURNAME PIC X(10) VALUE "Mustermann".  
9          05 STREET PIC X(15) VALUE "Musterstraße".  
10         05 HOUSENUMBER PIC X(5) VALUE "7a".  
11         05 ZIP-CODE PIC X(6) VALUE "12345".  
12         05 CITY PIC X(15) VALUE "Musterstadt".  
13  
14         66 PERSON-NAME RENAMES FIRST-NAME THRU SURNAME.  
15         66 PERSON-ADDRESS RENAMES STREET THRU CITY.  
16  
17     PROCEDURE DIVISION.  
18     MAIN-PROCEDURE.  
19         DISPLAY PERSON-NAME.  
20         DISPLAY PERSON-ADDRESS.  
21         STOP RUN.
```

```

22
23      END PROGRAM COBOL-RENAMES-EXAMPLE.

```

```

1  Max      Mustermann
2  Musterstraße 7a 12345 Musterstadt

```

Listing 4.22.: Stufennummer 66 und **RENAMES**-Befehl

Diese Stufennummer wird in der Praxis selten verwendet und auch ist in Java zu dieser Stufennummer kein exaktes Pendant zu finden.

### Abbildung in Java

Die Gruppierung von Daten erfolgt in Java in eigenen Klassen, aus denen sich wiederum andere Objekte zusammensetzen können. Diese Aggregationsbeziehung ist im Diagramm in Abbildung 4.3 dargestellt.

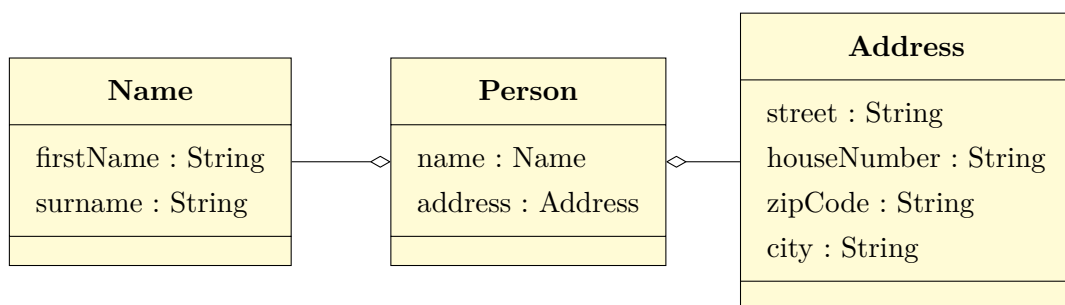


Abbildung 4.3.: UML-Diagramm einer Aggregation

Die Verwendung der Stufennummer 66 als reines Umbenennen eines Datums entfällt in Java, da in diesem Fall neue Variablen mit anderen Namen deklariert werden können, welchen der ursprüngliche Wert der zugewiesen wird.

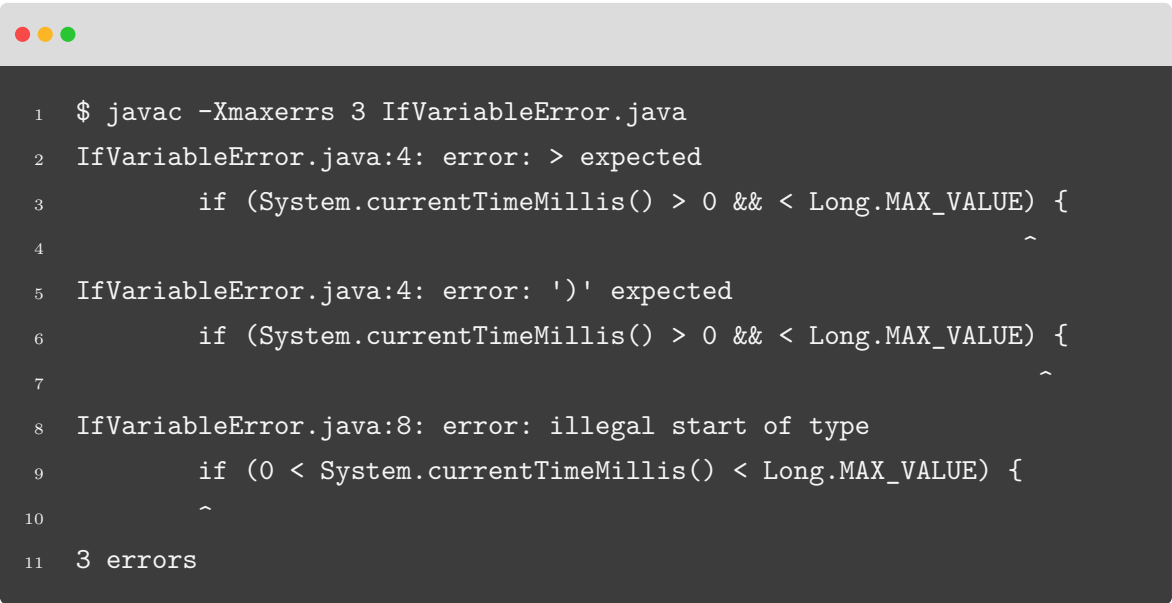


### 4.7.5. Implizierte Variablennamen

Dieser Abschnitt behandelt einen Fehler, der typischerweise zu Beginn in der Softwareentwicklung beobachtet werden kann. Listing 4.23 zeigt wie Anfänger häufig versuchen logische Ausdrücke zu konstruieren. Dies entspricht dem intuitiven Gedanken »Wenn Variable X größer 0 und kleiner 5 ist, dann ...« oder der mathematischen Definition  $0 < X < 5$ .

```

1  public class IfVariableError {
2
3      public static void main(String[] args) {
4          long currentTimeMillis = System.currentTimeMillis();
5
6          if (currentTimeMillis > 0 && < Long.MAX_VALUE) {
7              System.out.println("We never get here!");
8          }
9
10         if (0 < currentTimeMillis < Long.MAX_VALUE) {
11             System.out.println("We never get here either!");
12         }
13     }
14
15 }
```



```

1  $ javac -Xmaxerrs 3 IfVariableError.java
2  IfVariableError.java:4: error: > expected
3      if (System.currentTimeMillis() > 0 && < Long.MAX_VALUE) {
4                                          ^
5  IfVariableError.java:4: error: ')' expected
6      if (System.currentTimeMillis() > 0 && < Long.MAX_VALUE) {
7                                          ^
8  IfVariableError.java:8: error: illegal start of type
9      if (0 < System.currentTimeMillis() < Long.MAX_VALUE) {
10         ^
11  3 errors
```

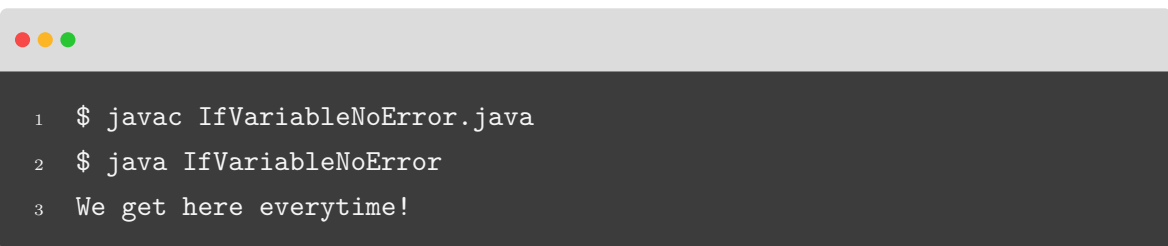
Listing 4.23.: Keine implizierten Variablennamen in logischen Ausdrücken in Java

Versucht man Listing 4.23 zu kompilieren treten einige Fehler auf. In Java können nur vollständige Logische Ausdrücke mit logischen Operatoren verknüpft werden. Zum anderen kann innerhalb eines logischen Ausdrucks lediglich maximal einmal ein Vergleichsoperator verwendet werden.

```

1  public class IfVariableNoError {
2
3      public static void main(String[] args) {
4          long currentTimeMillis = System.currentTimeMillis();
5          if (0 < currentTimeMillis && currentTimeMillis < Long.MAX_VALUE) {
6              System.out.println("We get here everytime!");
7          }
8      }
9  }

```



```

1  $ javac IfVariableNoError.java
2  $ java IfVariableNoError
3  We get here everytime!

```

Listing 4.24.: Verwendung von Variablennamen in logischen Ausdrücken in Java

Listing 4.24 demonstriert eine funktionsfähige Implementierung des vorhergehenden Beispiels. Dieser Code kann fehlerfrei kompiliert und ausgeführt werden wie die Ausgabe zeigt.

## Implizierte Variablennamen in COBOL

In COBOL hingegen ist das Schreiben von logischen Ausdrücken mit implizierten Variablennamen möglich.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. IMPLICIT-VARIABLE-NAMES.
3
4      DATA DIVISION.
5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          01 INPUT-NUMBER PIC 9(2).
7
8      PROCEDURE DIVISION.

```

```
9      MAIN-PROCEDURE.  
10     ACCEPT INPUT-NUMBER.  
11     IF INPUT-NUMBER >= 10 AND <= 20 THEN  
12         DISPLAY "Your number is >= 10 and <= 20."  
13     ELSE  
14         DISPLAY "Your number is < 10 or > 20."  
15     END-IF.  
16     STOP RUN.  
17  
18     END PROGRAM IMPLICIT-VARIABLE-NAMES.
```

Listing 4.25.: Implizierte Variablennamen in COBOL

Listing 4.25 stellt in Zeile 11 die Verwendung von implizierten Variablennamen in COBOL dar, die im Gegensatz zu Java möglich ist.

#### 4.7.6. Modifier

In Java ist es, anders als in COBOL, möglich die Sichtbarkeit von Variablen, Funktionen und Klassen nach außen zu steuern. Dazu dienen sogenannte *Modifier*, die an dieser Stelle kurz erläutert werden.

Auf Funktionen oder Variablen, die mit dem Schlüsselwort **public** gekennzeichnet sind, kann von jeder Stelle des Programms aus zugegriffen werden.

**protected** beschränkt den Zugriff auf die enthaltende Klasse (mitsamt geschachtelter Klassen) und alle Unterklassen. Erbt eine Klasse eine solche Methode oder Variable kann sie diese also nutzen. Andere Klassen haben keinen Zugriff darauf.

Um maximal-restriktiven Zugriff auf einen Teil einer Klasse sicherzustellen bietet sich das Schlüsselwort **private** an. Dieses erlaubt nur Zugriffe aus der enthaltenden Klasse und aus geschachtelten Klassen.

Wir kein Schlüsselwort explizit genutzt so ist die Sichtbarkeit auf das aktuelle Package beschränkt (engl. *package-private*). Das bedeutet, dass alle Klassen des selben Package Zugriff erhalten, wohingegen alle Klassen anderer Packages keinen erhalten.

## 5. Pattern in COBOL und Java

### 5.1. Wertezuweisungen

MOVE in COBOL

### 5.2. Komplexe Datenstrukturen

#### 5.2.1. Listen

Während Unterabschnitt 4.2.1 Felder behandelt, welche wie angesprochen eine feste Größe haben, bietet das Konzept von Listen deutliche Vorteile, wenn die Anzahl der Elemente variabel sein soll und zum Zeitpunkt des Erstellens nicht bekannt ist.

#### Listen in Java

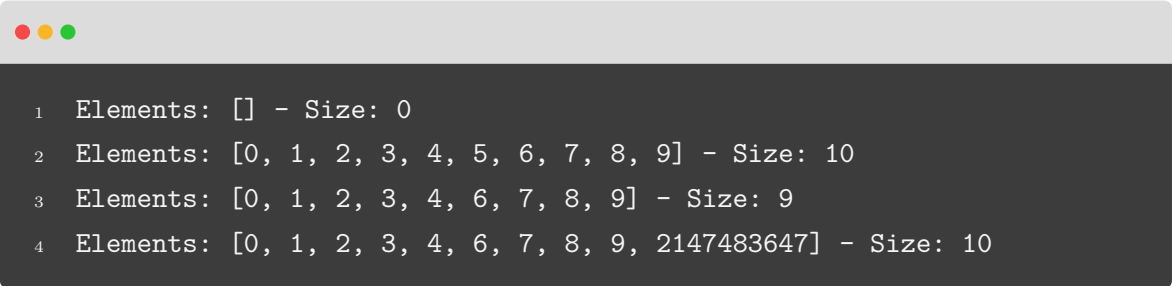
In Java kann das `List`-Interface implementiert werden bzw. ein Objekt dieser Implementierung instanziiert werden, um eine Liste variabler Größe zu erhalten. Die wohl gebräuchlichste Implementierung dieses Interfaces stellt die Klasse `ArrayList` dar. Intern hält diese – wie der Name schon vermuten lässt – ein Array, welches bei Bedarf in ein neues, größeres, Array kopiert wird. Die einfache Handhabung dieser Klasse wird in Listing 5.1 dargestellt.

```
1  import java.util.ArrayList;
2  import java.util.Arrays;
3  import java.util.List;
4  import java.util.stream.IntStream;
5
```

```

6  public class ArrayListExample{
7
8      public static void main(String[] args) {
9          List<Integer> integerList = new ArrayList<>();
10         printListInformation(integerList);
11
12         IntStream.range(0, 10)
13             .forEach(value -> integerList.add(value)) ;
14         printListInformation(integerList);
15
16         integerList.remove(5);
17         printListInformation(integerList);
18
19         integerList.add(Integer.MAX_VALUE);
20         printListInformation(integerList);
21     }
22
23     private static void printListInformation(List<Integer> list) {
24         System.out.println(
25             "Elements: " + Arrays.toString(list.toArray()) +
26             " - Size: " + list.size()
27         );
28
29     }
30 }

```



```

1  Elements: [] - Size: 0
2  Elements: [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] - Size: 10
3  Elements: [0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9] - Size: 9
4  Elements: [0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 2147483647] - Size: 10

```

Listing 5.1.: ArrayList Beispiel in Java

## Listen in COBOL

Eine exakte Abbildung von Listen ist in COBOL nicht möglich, da hier bereits zum Zeitpunkt des Kompilierens feststehen muss, wie groß ein Feld ist.

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. LIST-EXAMPLE.
3
4      DATA DIVISION.
5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          01 LIST PIC 9(3) OCCURS 99 TIMES INDEXED BY L-IDX.
7          01 D-IDX PIC 9(2).
8          01 D-IDX-COUNT PIC 9(2).
9          01 D-IDX-COUNT-TMP PIC 9(2).
10         01 P-IDX PIC 9(2).
11         01 I-VAL PIC 9(3).
12
13     PROCEDURE DIVISION.
14     MAIN-PROCEDURE.
15         PERFORM PRINT-LIST.
16         MOVE 2 TO I-VAL. PERFORM INSERT-VALUE. PERFORM PRINT-LIST.
17         MOVE 4 TO I-VAL. PERFORM INSERT-VALUE. PERFORM PRINT-LIST.
18         MOVE 1 TO D-IDX. PERFORM DELETE-VALUE. PERFORM PRINT-LIST.
19         STOP RUN.
20
21     INSERT-VALUE SECTION.
22         MOVE I-VAL TO LIST(L-IDX).
23         IF L-IDX < 99 THEN
24             COMPUTE L-IDX = L-IDX + 1
25         END-IF.
26
27     DELETE-VALUE SECTION.
28         IF D-IDX <= 99 THEN
29             COMPUTE L-IDX = L-IDX - 1
30             PERFORM VARYING D-IDX-COUNT
31                 FROM D-IDX BY 1
32                 UNTIL D-IDX-COUNT = L-IDX
33                 COMPUTE D-IDX-COUNT-TMP = D-IDX-COUNT + 1
34                 MOVE LIST(D-IDX-COUNT-TMP) TO LIST(D-IDX-COUNT)
35             END-PERFORM
36         END-IF.
37
38     PRINT-LIST SECTION.
39         PERFORM VARYING P-IDX FROM 1 BY 1 UNTIL P-IDX = L-IDX
40             DISPLAY LIST(P-IDX) ", " WITH NO ADVANCING
41         END-PERFORM.
42         COMPUTE P-IDX = L-IDX - 1.
43         DISPLAY " SIZE: " P-IDX.
44
45     END PROGRAM LIST-EXAMPLE.

```

```
1  SIZE: 00
2  002, SIZE: 01
3  002,004, SIZE: 02
4  004, SIZE: 01
```

Listing 5.2.: Einfache Listen Implementierung in COBOL

Listing 5.2 zeigt jedoch beispielhaft eine einfache und unvollständige Implementierung einer Liste in COBOL. Hierbei sind lediglich Einfüge- und Löschoperationen realisiert. Zu beachten ist, dass aus bereits genannten Gründen auch diese Liste eine maximale Größe hat, die unter Umständen nicht ausreichend ist. Weitere Funktionalitäten der Liste müssten analog implementiert werden.

### 5.2.2. Sets

Neben den in Unterabschnitt 5.2.1 beschriebenen Listen bieten Sets in der Programmierung eine weitere häufig genutzte Datenstruktur. Die zwei wesentlichen Unterschiede im Gegensatz zu Listen sind, zum einen eine fehlende Ordnung der Elemente und die Eigenschaft, dass ein und das selbe Element nur genau einmal innerhalb eines Sets vorkommen darf. Das Set entspricht somit weitestgehend der mathematischen Definition einer Menge.

#### Sets in Java

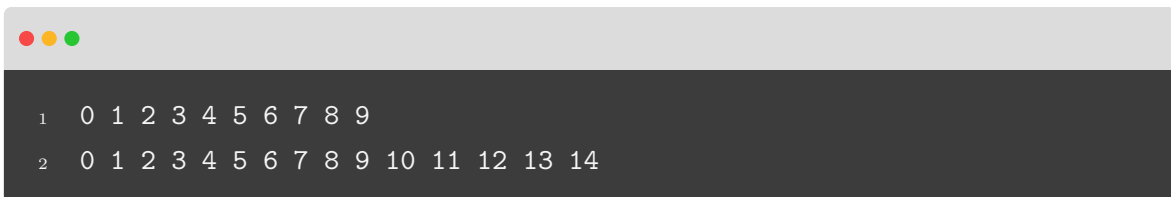
Wie für Listen bietet Java auch für Sets das **Set**-Interface. Die wohl am häufigsten genutzte Implementierung dieses Interfaces stellt die **HashSet**-Klasse dar, welche die **hashCode**-Methode eines Objektes nutzt um es pseudo-eindeutig identifizierbar zu machen.

```
1  import java.util.HashSet;
2  import java.util.Set;
3  import java.util.stream.IntStream;
4
5  public class HashSetExample {
6
```

```

7     public static void main(String[] args) {
8         Set<Integer> integerSet = new HashSet<>();
9
10        IntStream.range(0, 10).forEach(number -> integerSet.add(number));
11        integerSet.forEach(number -> System.out.print(number + " "));
12
13        System.out.println();
14
15        IntStream.range(5, 15).forEach(number -> integerSet.add(number));
16        integerSet.forEach(number -> System.out.print(number + " "));
17    }
18 }

```



```

1  0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
2  0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

```

Listing 5.3.: HashSet Beispiel in Java

In Listing 5.3 soll gezeigt werden, dass das Einfügen von Elementen, welche bereits im Set enthalten sind keine Auswirkungen hat. Die Eigenschaft, dass ein Set ungeordnet ist, lässt sich leider nicht zeigen, da Java die Werte bei der gezeigten Ausgabe ordnet. Dieses Verhalten tritt auch auf, wenn die Werte in umgekehrter Reihenfolge dem Set hinzugefügt werden, was jedoch in keinem Fall bedeutet, dass es sich beim Set um eine stets sortierte Liste handelt, auch wenn es den Eindruck vermittelt!

## Sets in COBOL

Auch an dieser Stelle kann analog zu Listen gesagt werden, dass eine Implementierung von Sets in COBOL nicht ohne weiteres möglich ist. Die Einschränkung der Größe der Datenstruktur bestünde auch hier.

```

1     IDENTIFICATION DIVISION.
2     PROGRAM-ID. SET-EXAMPLE.
3
4     DATA DIVISION.
5     WORKING-STORAGE SECTION.

```



```

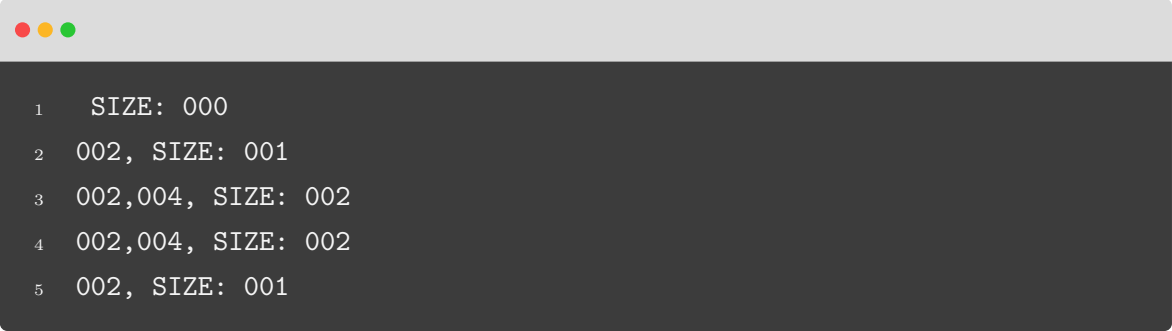
6          01 SET-STORAGE PIC 9(3) OCCURS 100 TIMES INDEXED BY S-IDX.
7          01 SET-NIL-VALUE PIC 9(3) VALUE 0.
8          01 SET-SIZE PIC 9(3) VALUE 000.
9          01 I-VAL PIC 9(3).
10         01 D-VAL PIC 9(3).
11
12     PROCEDURE DIVISION.
13     MAIN-PROCEDURE.
14         PERFORM INIT-SET.
15         PERFORM PRINT-SET.
16         MOVE 2 TO I-VAL. PERFORM INSERT-VALUE. PERFORM PRINT-SET.
17         MOVE 4 TO I-VAL. PERFORM INSERT-VALUE. PERFORM PRINT-SET.
18         MOVE 2 TO I-VAL. PERFORM INSERT-VALUE. PERFORM PRINT-SET.
19         MOVE 4 TO D-VAL. PERFORM DELETE-VALUE. PERFORM PRINT-SET.
20         STOP RUN.
21
22     INIT-SET SECTION.
23         PERFORM VARYING S-IDX FROM 1 BY 1 UNTIL S-IDX = 100
24             MOVE SET-NIL-VALUE TO SET-STORAGE(S-IDX)
25         END-PERFORM.
26
27     INSERT-VALUE SECTION.
28     SEARCH-EQUAL-VALUE.
29         PERFORM VARYING S-IDX FROM 1 BY 1
30             UNTIL S-IDX = 100 OR I-VAL = SET-NIL-VALUE
31                 IF SET-STORAGE(S-IDX) = I-VAL THEN
32                     SET I-VAL TO SET-NIL-VALUE
33                 END-IF
34             END-PERFORM.
35
36     INSERT-IF-NOT-ALREADY-PRESENT.
37         PERFORM VARYING S-IDX FROM 1 BY 1
38             UNTIL S-IDX = 100 OR I-VAL = SET-NIL-VALUE
39                 IF SET-STORAGE(S-IDX) = SET-NIL-VALUE THEN
40                     MOVE I-VAL TO SET-STORAGE(S-IDX)
41                     SET I-VAL TO SET-NIL-VALUE
42                     COMPUTE SET-SIZE = SET-SIZE + 1
43                 END-IF
44             END-PERFORM.
45
46     INSERT-VALUE-EXIT.
47         EXIT.
48
49     DELETE-VALUE SECTION.
50         PERFORM VARYING S-IDX FROM 1 BY 1
51             UNTIL S-IDX = 100 OR D-VAL = SET-NIL-VALUE
52                 IF SET-STORAGE(S-IDX) = D-VAL THEN
53                     SET SET-STORAGE(S-IDX) TO SET-NIL-VALUE
54                     SET D-VAL TO SET-NIL-VALUE
55                     COMPUTE SET-SIZE = SET-SIZE - 1
56                 END-IF
57             END-PERFORM.
58
59     PRINT-SET SECTION.
60         PERFORM VARYING S-IDX FROM 1 BY 1 UNTIL S-IDX = 100
61             IF NOT SET-STORAGE(S-IDX) = SET-NIL-VALUE THEN
62                 DISPLAY SET-STORAGE(S-IDX) "," WITH NO ADVANCING
63             END-IF

```

```

64         END-PERFORM.
65         DISPLAY "SIZE: " SET-SIZE.
66
67     END PROGRAM SET-EXAMPLE.

```



```

1  SIZE: 000
2  002, SIZE: 001
3  002,004, SIZE: 002
4  002,004, SIZE: 002
5  002, SIZE: 001

```

Listing 5.4.: Einfache Set Implementierung in COBOL

Listing 5.4 greift jedoch beispielhaft die Kernaspekte von Sets auf und zeigt eine mögliche Implementierung in COBOL. Wie auch in Listing 5.4 sind nur Einfüge- und Löschooperationen realisiert.

### 5.2.3. Maps

Maps erlauben den Zugriff auf bestimmte Elemente in konstanter Zeit, d.h.  $O(1)$ . Erreicht wird dies – vereinfacht dargestellt – dadurch, dass der Speicherbereich in dem ein Element der Datenstruktur gespeichert werden soll, mithilfe der Daten des Objekts berechnet wird. Das ganze nennt sich Hash-Funktion. Dies eignet sich vor allem wenn eine große Anzahl von Elementen in der Datenstruktur gespeichert werden soll oder konstante Zugriffszeit auf jedes Element notwendig ist.

In Java steht dafür das Interface `Map` und Implementierungen wie `HashMap` bereit. Damit werden generische Objekte anhand ihrer `hashCode`-Funktion in einer Map verwaltet.

COBOL bietet auch hier keine Konstrukte um eine Map abzubilden. Wie die Experten Bonev und Streit jedoch angaben wurden in der Praxis bereits Möglichkeiten entwickelt ein solches Verhalten in COBOL abzubilden. Eine einfache wäre eine eigene Hash-Funktion für den genauen Anwendungsfall zu implementieren, die Eingabewerte eindeutig auf Indizes eines Arrays fester Größe abbildet. Eine weitere Möglichkeit.

## 5.2.4. Verbunddatenstrukturen

### union- & struct-like types



Die vorgestellten Datenstrukturen bieten eine Möglichkeit, je nach Anwendungsfall, Daten effizient und dynamisch zu speichern und bereitzustellen. Während Java Listen, Sets und Maps bereits im Sprachstandard unterstützt, muss diese als Entwickler in COBOL selbst implementieren, was selbstverständlich Wissen über die Algorithmik voraussetzt. Herr Streit merkte an, dass etwaige Datenstrukturen teilweise sogar in COBOL-Programmen zu finden sind, jedoch – durch das Fehlen des entsprechenden Vokabulars – oft andere Namen tragen und daher als solches nicht zu erkennen sind.

## 5.3. Design Pattern

### 5.3.1. Callback-Muster

In der Programmierung ist es häufig nötig, dass bestimmte Ereignisse andere Aktionen auslösen. Dies ist insbesondere in Programmen sinnvoll, die parallele Verarbeitungsschritte beinhalten. Um auf diese Ereignisse zu reagieren gibt es im Allgemeinen zwei Möglichkeiten:

- **(Busy-)Polling**

Unter Polling versteht man das zyklische Abfragen eines Wertes oder eines Zustandes, durch einen Teil, der von diesem Wert abhängt.

- **Callbacks**

Callbacks sind Funktionen, die in einer bestimmten Art und Weise anderen Programmabschnitten zur Verfügung gestellt werden und bei Bedarf aufgerufen werden können, um z.B. über Zustandsänderungen zu benachrichtigen.

Im Gegensatz zum Polling, bei dem permanent Rechenzeit dafür aufgewendet werden muss aktiv eine Zustandsänderung zu überwachen, wird in der Praxis häufig das Entwurfsmuster der Callbacks verwendet. Damit wird erreicht, dass ein Teilprogramm

nicht wie beschrieben aktiv Änderungen beobachten muss, sondern sich von einem anderen Programmabschnitt über Zustände benachrichtigen lassen kann.

Obwohl das klassische Callback-Muster aufgrund von fehlenden funktionalen Elementen in Java nicht direkt implementierbar ist, finden sich oft sehr ähnliche Abbildungen davon. Die standardisierten Schnittstellen `Observer` und `Observable` bieten dabei eine generische Möglichkeit zur Änderungsbenachrichtigung. Häufiger lassen sich jedoch sogenannte `Listener` beobachten, welche das Callback-Muster abbilden sollen. Hierbei werden eigene Interfaces definiert, was zwar die Generizität verringert, jedoch zu breiterem Funktionsumfang und leichter verständlichem Code führt.

Das Listing 5.5 zeigt die Handhabung des `Observer`-Pattern [10] in Java mithilfe der `Observer` und `Observable`-Interfaces. Wie gezeigt, kann die Implementierung des `Observer`-Interfaces auch in einer anonymen Klasse geschehen. Diese sprachlichen Konstrukte wurden bereits in Abschnitt 4.1 beschrieben.

```

1  import java.time.Instant;
2  import java.util.Observable;
3  import java.util.Observer;
4  import java.util.concurrent.Executors;
5  import java.util.concurrent.ScheduledExecutorService;
6  import java.util.concurrent.TimeUnit;
7
8  public class ObserverPattern {
9
10     public static void main(String[] args) {
11         TimeObservable timeObservable = new TimeObservable();
12         Observer plainObserver = new Observer() {
13             public void update(Observable o, Object arg) {
14                 System.out.println("PlainTime: " + arg);
15             }
16         };
17         FormattedObserver formattedObserver = new FormattedObserver();
18         timeObservable.addObserver(plainObserver);
19         timeObservable.addObserver(formattedObserver);
20         timeObservable.startObservable();
21     }
22
23     static class FormattedObserver implements Observer {
24         public void update(Observable o, Object arg) {
25             System.out.println(
26                 "FormattedTime: " +
27                 Instant.ofEpochMilli((long) arg).toString());
28         }

```

```

29     }
30
31     static class TimeObservable extends Observable {
32
33         private ScheduledExecutorService executor =
34             ↪ Executors.newScheduledThreadPool(3);
35
36         public void startObservable() {
37             for(int delay : new int[]{1,3,5}) {
38                 executor.schedule(() -> {
39                     setChanged();
40                     notifyObservers(System.currentTimeMillis());
41                 }, delay, TimeUnit.SECONDS);
42             }
43         }
44     }
45 }

```

Listing 5.5.: Observer und Observable in Java

Die sehr viel gebräuchlichere Variante ist es jedoch **Listener** zu verwenden. Dabei handelt es sich streng genommen um nichts anderes, als eine eigene Definition des **Observer**-Interfaces. Jedoch wird durch die klare Definition der Funktionalität deutlich spezifischerer Code geschrieben, der vor allem in puncto Typsicherheit und Lesbarkeit einige Vorteile gegenüber des Java-eigenen Interfaces bietet.

```

1  import java.time.Instant;
2  import java.util.ArrayList;
3  import java.util.List;
4  import java.util.concurrent.Executors;
5  import java.util.concurrent.ScheduledExecutorService;
6  import java.util.concurrent.TimeUnit;
7
8  public class ListenerPattern {
9
10     public static void main(String[] args) {
11         TimeProducer timeProducer = new TimeProducer();
12         TimeListener plainListener = new TimeListener() {
13             @Override
14             public void printTime(long timeMillis) {
15                 System.out.println("PlainTime: " + timeMillis);

```

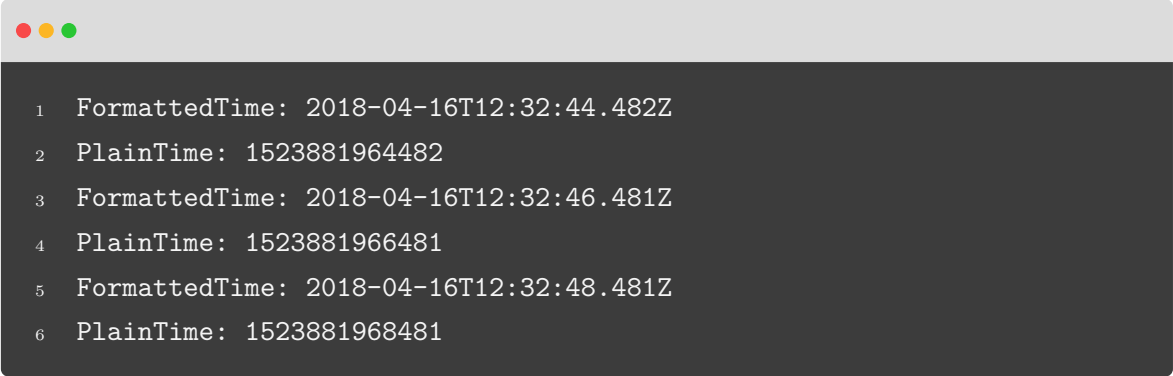
```

16         }
17     };
18     FormattedListener formattedListener = new FormattedListener();
19     timeProducer.registerListener(plainListener);
20     timeProducer.registerListener(formattedListener);
21     timeProducer.start();
22 }
23
24 interface TimeListener {
25     void printTime(long timeMillis);
26 }
27
28 static class FormattedListener implements TimeListener {
29     @Override
30     public void printTime(long timeMillis) {
31         System.out.println("FormattedTime: " +
32             Instant.ofEpochMilli(timeMillis).toString());
33     }
34 }
35
36 static class TimeProducer {
37
38     private ScheduledExecutorService executor =
39         ↪ Executors.newScheduledThreadPool(3);
40     private List<TimeListener> timeListeners = new ArrayList<>();
41
42     void registerListener(TimeListener timeListener) {
43         timeListeners.add(timeListener);
44     }
45
46     void notifyListeners(long value) {
47         timeListeners.forEach(listener -> listener.printTime(value));
48     }
49
50     void start() {
51         for (int delay : new int[] { 1, 3, 5 }) {
52             executor.schedule(
53                 () -> notifyListeners(System.currentTimeMillis()),
54                 delay, TimeUnit.SECONDS);
55         }
56     }
57 }
58 }

```

## Listing 5.6.: Listener in Java

Die Aufgabe beider Beispiele ist die gleiche. Jedoch verdeutlicht Listing 5.6 die Typsicherheit eigener Interfaces und kennzeichnet wie diese erreicht wird. Folgendes wäre eine beispielhafte Ausgabe beider Programme:

A terminal window with a grey title bar and three colored window control buttons (red, yellow, green) on the left. The terminal has a dark background and displays six lines of text, each preceded by a line number from 1 to 6.

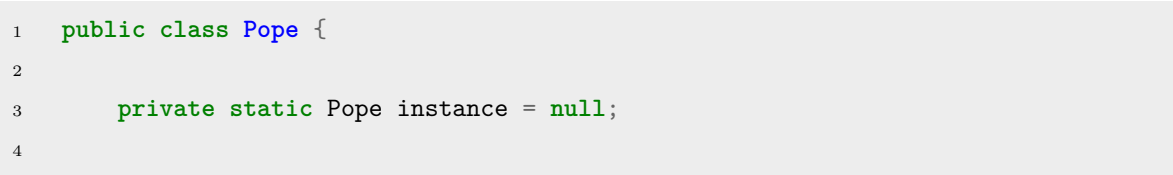
```
1 FormattedTime: 2018-04-16T12:32:44.482Z
2 PlainTime: 1523881964482
3 FormattedTime: 2018-04-16T12:32:46.481Z
4 PlainTime: 1523881966481
5 FormattedTime: 2018-04-16T12:32:48.481Z
6 PlainTime: 1523881968481
```

In COBOL hingegen ist ein solches Muster nicht möglich. Allerdings aufgrund der fehlenden Nebenläufigkeit und Objektorientierung auch nicht nötig.

### 5.3.2. Singleton-Muster

»Alles ist ein Objekt.« [21] Diese Aussage findet sich in unzähliger Hochschullektüre und Fachbüchern. Genauer wäre – mit Blick auf statische Elemente – zwar die Aussage, dass alles Teil einer Klasse sei, jedoch ist für die Idee dahinter beides richtig. Gemeint ist damit, dass es keine Funktionalität oder Eigenschaft gibt, die nicht Teil einer Klasse bzw. eines Objektes ist.

Manchmal jedoch wird eine Klasse zwar durch ein Objekt repräsentiert – ist also nicht statisch – allerdings existiert nur genau eine Instanz dieses Objekts. Im realen Leben könnte man z.B. den Papst als genau einmalig vorkommende Instanz ansehen. Diese spezielle Person gibt es stets nur einmal und so muss bei der Modellierung beachtet werden, dass es zu jedem Zeitpunkt nur eine Instanz der Klasse gibt.

A code block with a light grey background showing a Java class definition for a Singleton pattern. The code is numbered 1 to 4 on the left.

```
1 public class Pope {
2
3     private static Pope instance = null;
4 }
```

```
5     private Pope() {}
6
7     public static Pope getInstance() {
8         if (instance == null) {
9             instance = new Pope();
10        }
11        return instance;
12    }
13
14    public static void die() {
15        instance = null;
16    }
17 }
```

Listing 5.7.: Singleton in Java

Listing 5.7 modelliert das Beispiel des Papstes in Java. Um die angesprochenen Eigenschaften einer Singleton-Klasse zu realisieren werden verschiedene Mechanismen verwendet. Zum einen enthält die Klasse einen privaten Konstruktor um eine Instanziierung mittels `new`-Operators zu verhindern bzw. nur innerhalb der eigenen Klasse zuzulassen. Außerdem speichert und liefert die Klasse mit der statischen `getInstance()`-Methode die aktuell gültige Instanz und legt ggf. eine neue an. Die `die()`-Funktion wurde beispielhaft für das Ableben eines Papstes implementiert, sodass in der `getInstance()`-Methode fortan eine neue Instanz erzeugt würde.

In der Praxis stellen zum Beispiel eine Datenbank-, Konfigurations- oder Hardware-schnittstellen oftmals ein Singleton-Objekt dar. Im Gegensatz zu statischen Klassen und Funktionen bieten Singletons einige Vorteile:

- Eine Singleton-Klasse kann Interfaces implementieren und von anderen Klassen erben.
- Singleton-Klassen können instanziiert werden, sobald sie gebraucht werden. Statische Klassen werden beim Starten des Programms initialisiert.
- Klassen können von Singleton-Klassen erben und erhalten damit die Member-Variablen und -Funktionen.



Allerdings gibt es auch Anwendungsfälle, in denen eine Klasse mit statischen Variablen und Funktionen genutzt werden sollte. Als Faustregel dafür gilt zum einen, dass die Klasse keinen Zustand repräsentiert und zum anderen lediglich eine Sammlung von Variablen und Funktionen gleicher Domäne – z.B. mathematische Operationen – bereitstellt.

### 5.3.3. Delegator

### 5.3.4. Dependency Injection

In einer objektorientierten Programmierungsumgebung werden Funktionalitäten in Klassen gekapselt und so die Wiederverwendbarkeit erhöht. Dies wurde bereits in Abschnitt 3.3 dargestellt. Um damit komplexere Probleme zu lösen und Abhängigkeiten herzustellen werden Klassen oftmals komponiert bzw. aggregiert. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten wie diese Aggregationen aussehen können:

- Erzeugung aller nötigen Objekt-Instanzen innerhalb der Klasse die diese benötigt.
- Erzeugung der nötigen Objekt-Instanzen an zentraler Stelle und Injizieren in Objekte, welche diese benötigen (Dependency Injection).

Die erste der angesprochenen Vorgehensweise verletzt allerdings – je nach Ausnutzen und Implementierung – mehr oder weniger die Eigenschaft, dass eine Klasse für genau eine Aufgabe zuständig ist. Außerdem werden so implizit Abhängigkeiten zwischen Komponenten hergestellt, die schwer zu durchschauen sind. Dependency Injection sorgt dafür, dass Abhängigkeiten explizit hergestellt werden. Martin beschreibt in seinem Buch *Clean Code* [15] dieses Muster auch als »Inversion of Control«, da dabei die Kontrolle über die Instanziierung verlagert – quasi invertiert – wird. So entsteht eine losere Kopplung durch die Abhängigkeiten auch zur Laufzeit geändert und gesteuert werden können. Ein weiterer Vorteil zeigt sich beim Testen von Systemen. So lassen sich für Komponenten, welche Abhängigkeiten von Außen bekommen leichter Unit-Tests schreiben, da darunterliegende Strukturen extern gesteuert werden können.

```
1  public class DependencyInjection {  
2  
3      public static void main(String... args) {  
4          Injectable injectable = () -> 42;  
      }
```

```
5      InjectionTarget injectionTarget = new InjectionTarget(injectable);
6      injectionTarget.printNumber();
7  }
8
9  interface Injectable {
10     int getNumber();
11 }
12
13 static class InjectionTarget {
14     private final Injectable injectable;
15
16     public InjectionTarget(Injectable injectable) {
17         this.injectable = injectable;
18     }
19
20     public void printNumber() {
21         System.out.println(injectable.getNumber());
22     }
23 }
24 }
```

Listing 5.8.: Dependency Injection in Java

Listing 5.8 beinhaltet eine einfache Dependency Injection. Der Code macht gleichzeitig Gebrauch von Interfaces was bereits die einen Teil der Flexibilität der Dependency Injection verdeutlicht. Neben der gezeigten Möglichkeit der Übergabe an den Konstruktor einer Klasse, erwähnt Martin [15] auch die Varianten diese Abhängigkeiten über Setter-Methoden oder Interfaces herzustellen.

Um Dependency Injection zu erreichen gibt es auch einige Frameworks mit deren Hilfe Objekte z.B. mittels Annotationen sehr komfortabel injiziert werden können. Allerdings ist in der Praxis davon abzuraten diese Frameworks zu verwenden, da sie meist die Logik zur Objektinstanziierung vor dem Entwickler verstecken, unter Umständen Konfigurationen erfordern, was Abhängigkeitszusammenhänge in Konfigurationsdateien bzw. -klassen verschiebt und der Code stark mit dem Framework verwoben wird.

## 5.4. Externe Deklaration von Daten

Sowohl zur Wiederverwendbarkeit, als auch zur Erreichung einer gewissen Typsicherheit ist es in vielen Programmiersprachen möglich Datenstrukturen extern in einer eigenen Datei zu deklarieren und an verschiedenen Stellen wieder zu verwenden. Dies ist auch in COBOL und Java möglich, wenngleich sich die Ansätze stark unterscheiden. In Java ist diese Deklaration ein entscheidendes Konzept und so muss jede Klasse in einer eigenen Datei angelegt werden. In COBOL bietet dieses Konzept lediglich einen gewissen komfortableren Umgang mit Datendeklarationen, ist jedoch nicht zwingend notwendig.

In Java werden Klassen in sogenannten Packages organisiert. Um auf Klassen aus einem anderen Package zuzugreifen, ist ein Importieren der betreffenden Klasse notwendig. Dies geschieht wie in Listing 5.9 mithilfe des **import**-Statements.

```
1  package com.firstpackage;
2
3  import com.secondpackage.MySystemPart;
4
5  public interface MySystem {
6
7      public void doSomething(MySystemPart systemPart);
8
9  }
```

Listing 5.9.: Import in Java

Das Interface `MySystem` nutzt dabei die in Package `com.secondpackage` enthaltene Klasse `MySystemPart`. Bei der Verwendung einer Klasse aus dem selben Package ist kein zusätzliches **import**-Statement notwendig. Das Importieren geschieht dabei implizit über das Setzen des Packagenamens wie in Zeile 1 gezeigt.

COBOL bietet zur externen Deklaration von Daten das **COPY**-Schlüsselwort. Hiermit wird der Inhalt einer anderen Datei, eines sogenannten *COBOL-Copybook*, durch den Compiler an die Stelle des **COPY** kopiert. Das Verhalten ist also stark mit der Präprozessoranweisung *#include* in den Programmiersprachen C und C++ zu vergleichen.

```

1      01 ERROR-MESSAGES.
2          05 ERR-MSG PIC X(20) OCCURS 3 TIMES INDEXED BY MSG-INDEX.
3
4      01 ERROR-MESSAGES-INIT-VALUES.
5          05 FILLER PIC X(20) VALUE "Error 1 occurred".
6          05 FILLER PIC X(20) VALUE "Error 2 occurred".
7          05 FILLER PIC X(20) VALUE "Error 3 occurred".

```

Listing 5.10.: COBOL-Copybook Datei (COPYBOOK.cpy)

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. COPY-EXAMPLE.
3
4      DATA DIVISION.
5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          COPY COPYBOOK
7              REPLACING ERR-MSG          BY MSG
8                  "Error 1 occurred" BY "First error occurred!".
9
10     PROCEDURE DIVISION.
11     MAIN-PROCEDURE.
12         MOVE ERROR-MESSAGES-INIT-VALUES TO ERROR-MESSAGES.
13         ACCEPT MSG-INDEX.
14         DISPLAY MSG(MSG-INDEX).
15         STOP RUN.
16
17     END PROGRAM COPY-EXAMPLE.

```

Listing 5.11.: Nutzung eines COBOL-Copybook

Listing 5.10 zeigt den Inhalt des Copybooks. Hier werden die Datenstrukturen definiert, die fortan an anderer Stelle genutzt werden sollen. In Listing 5.11 Zeile 6 wird das COBOL-Copybook in die **WORKING-STORAGE SECTION** kopiert, sodass die deklarierten Daten fortan im Programm genutzt werden können.

In diesem speziellen Fall wird zusätzlich Gebrauch der Schlüsselwörter **REPLACING** und **BY** gemacht. Dieses kann dazu verwendet werden, um Variablennamen oder Strings im dem Copybook auszutauschen.

Am Rande sei hier auch die Nutzung eines **FILLER** erwähnt. Hierbei handelt es sich um eine Variable, die nicht direkt verwendet werden kann, da sie keinen Namen hat. Wie im Beispiel sind FILLER oftmals Teile von größeren Strukturen.

Das Einbinden eines Copybooks ist jedoch auch innerhalb der **PROCEDURE DIVISION** möglich wie Listing 5.12 und Listing 5.13 darstellen. Somit wird es möglich Logik in Form von Code der wiederverwendet werden soll auszulagern und an verschiedenen Stellen zu nutzen.

```

1      EVALUATE VAR
2          WHEN 1 DISPLAY "First error occurred!"
3          WHEN 2 DISPLAY "Second error occurred!"
4          WHEN 3 DISPLAY "Third error occurred!"
5          WHEN OTHER DISPLAY "Unknown error code!"
6      END-EVALUATE.

```


Listing 5.12.: COBOL-Copybook Datei (COPYBOOK-EVALUATE.cpy)

```

1      IDENTIFICATION DIVISION.
2      PROGRAM-ID. COPY-EVALUATE.
3
4      DATA DIVISION.
5      WORKING-STORAGE SECTION.
6          01 INPUT-NUMBER PIC 9(2).
7
8      PROCEDURE DIVISION.
9      MAIN-PROCEDURE.
10         ACCEPT INPUT-NUMBER.
11         COPY COPYBOOK-EVALUATE REPLACING VAR BY INPUT-NUMBER.
12         STOP RUN.
13
14     END PROGRAM COPY-EVALUATE.

```

Listing 5.13.: Nutzung von COPYBOOK-EVALUATE.cpy

In Java ist die Auslagerung von Daten und Logik fester Bestandteil der Sprache. Dieses Konzept spiegelt sich auch in der Fähigkeiten der Modularisierung – vgl.  Abschnitt 3.3 – wieder. COBOL bietet hierfür das Schlüsselwort **COPY**. Wenngleich dieses Konzept weniger mächtig ist wie das **import**-Statement in Java so ist es doch eine Möglichkeit Daten und Logik zu kapseln und auszulagern. Wie Herr Streit und Herr Bonev betonten, lässt sich entsprechende Nutzung jedoch in der Praxis nur selten beobachten und sollte weitaus öfter Verwendung finden.

## **6. Fazit (Sprechender Name je nach Ergebnissen)**

## Literatur

- [1] Franck Barbier. *Cobol Software Modernization*. Hoboken, NJ: ISTE Ltd/John Wiley and Sons Inc, 2014. ISBN: 978-1-84821-760-7. URL: <http://file.allitebooks.com/20160118/COBOL%20Software%20Modernization.pdf>.
- [2] Beat Balzli. *Cobol-Programmierer gesucht: Diese Unternehmen setzen auf IT-Rentner*. 19. Apr. 2017. URL: <https://www.wiwo.de/unternehmen/banken/cobol-programmierer-gesucht-diese-unternehmen-setzen-auf-it-rentner/19679936.html> (besucht am 25.04.2018).
- [3] Mo Budlong. *Teach Yourself Cobol in 21 Days*. 2nd ed. Indianapolis, IN: Sams Pub, 1997. 1056 S. ISBN: 978-0-672-31137-6.
- [4] John C Byrne und Jim Cross. *Java for COBOL Programmers*. OCLC: 567983849. Boston, MA: Charles River Media, 2009. ISBN: 978-1-58450-618-8. URL: <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3136100>.
- [5] Scott Colvey. „Cobol Hits 50 and Keeps Counting“. In: *The Guardian. Technology* (8. Apr. 2009). ISSN: 0261-3077. URL: <http://www.theguardian.com/technology/2009/apr/09/cobol-internet-programming> (besucht am 14.12.2017).
- [6] Michael Coughlan. *Beginning COBOL for Programmers*. The expert's voice in COBOL. OCLC: ocn874119151. Berkeley, California?: Apress, 2014. 556 S. ISBN: 978-1-4302-6253-4.
- [7] E. Reed Doke u. a. *COBOL Programmers Swing with Java*. OCLC: 60573589. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2005. ISBN: 978-0-511-08240-5. URL: <http://www.books24x7.com/marc.asp?isbn=0521546842> (besucht am 31.01.2018).
- [8] Edsger Wybe Dijkstra. *How Do We Tell Truths That Might Hurt?* 18. Juni 1975. URL: <https://www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD04xx/EWD498.html> (besucht am 25.04.2018).
- [9] Florian Hamann. *In Banken Leben Dinosaurier: Cobol Kaum Totzukriegen*. 31. Jan. 2017. URL: <https://news.efinancialcareers.com/de-de/272568> (besucht am 25.04.2018).
- [10] Erich Gamma u. a. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1995. ISBN: 978-0-201-63361-0.
- [11] IBM Corporation. *Enterprise COBOL for z/OS Language Reference*. 2013. URL: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQ2R2\\_9.0.1/com.ibm.ent.cbl.zos.doc/PGandLR/igy5lr10.pdf](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQ2R2_9.0.1/com.ibm.ent.cbl.zos.doc/PGandLR/igy5lr10.pdf) (besucht am 04.05.2018).
- [12] *Ist Cobol die Programmiersprache der Zukunft?* 26. Jan. 1979. URL: <https://www.computerwoche.de/a/ist-cobol-die-programmiersprache-der-zukunft,1191656> (besucht am 23.04.2018).

- [13] Jia Walker. *COBOL Programming Fundamental*. Nov. 2004. URL: [http://yusman.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/33460/COBOL\\_Programming\\_Fundamental.pdf](http://yusman.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/33460/COBOL_Programming_Fundamental.pdf).
- [14] Stephen Kelly. *Cobol – Still Doing the Business after 50 Years*. 10. Juli 2009. URL: <https://www.ft.com/content/9c40ed12-569c-11de-9a1c-00144feabdc0> (besucht am 14.12.2017).
- [15] Robert C. Martin. *Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship*. 1. Aufl. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2008. ISBN: 978-0-13-235088-4.
- [16] Christian Rehn. *Tutorials Schreiben Oder: Wenn Sich Programmierer in Prosa Versuchen*. 29. Sep. 2009. URL: <http://www.christian-rehn.de/wp-content/uploads/2009/09/tutorials2.pdf> (besucht am 12.11.2017).
- [17] R. M. Richards. „Enhancing Cobol Program Structure: Sections vs. Paragraphs“. In: *ACM SIGCSE Bulletin* 16.2 (1. Juni 1984), S. 48–51. ISSN: 00978418. DOI: 10.1145/989341.989353. URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=989341.989353> (besucht am 13.03.2018).
- [18] Uwe Rozanski. *Cobol 2002 ge-packt*. 1. Aufl. Die ge-packte Referenz. OCLC: 76681426. Bonn: mitp-Verl, 2004. 492 S. ISBN: 978-3-8266-1363-0.
- [19] Paul Rubens. *Why It’s Time to Learn COBOL*. 1. Apr. 2016. URL: <https://www.cio.com/article/3050836/developer/why-its-time-to-learn-cobol.html> (besucht am 23.04.2018).
- [20] Nancy B. Stern, Robert A. Stern und James P. Ley. *COBOL for the 21st Century*. 11th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2006. 1 S. ISBN: 978-0-471-72261-8.
- [21] Susanne Hackmack. *Objekte, Typen, Typhierarchien, Instanzen, Klassen*. 2018. URL: <http://www.fb10.uni-bremen.de/homepages/hackmack/clst/pdf/klassen.pdf> (besucht am 28.04.2018).
- [22] Patrick Thibodeau. *Should Universities Offer Cobol Classes?* 8. Apr. 2013. URL: <https://www.cio.com/article/2386947/education/should-universities-offer-cobol-classes-.html> (besucht am 23.04.2018).
- [23] *TIOBE Index* / *TIOBE - The Software Quality Company*. URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (besucht am 25.04.2018).
- [24] University of Limerick; Department of Computer Science & Information Systems. *COBOL Programming - Tutorials, Lectures, Exercises, Examples*. URL: <http://www.csis.ul.ie/cobol/> (besucht am 14.04.2018).



# Todo

Tests

Generics beschreiben

3. -Langlebigkeit&Wartbarkeit -> Infrastruktur, nicht Sprache

3. -Verlässlichkeit -> Infrastruktur, nicht Sprache

3. Batchbetrieb -> Schnittstellen (Host nicht COBOL)

5.3 -> 4. Deutlicher, dass Java-Klassen "mächtiger" sind

4. -> viel als Schlüsselwort in COBOL, in Java nicht, sondern als Library

Einleitungsüberschrift ändern

Präzisere Formulierungen: Was ist häufig zu sehen und was selten? Was ist Beobachtung was ist Empfehlung?

S. 28 (Java Komponenten) Initializer ({} ) in Klassen

Kap. 4 COBOL Arithmetische Ausdrücke: Stellen eingeschränkt und unüblich -> Rundung

SetImplementierung in COBOL ineffizient und nicht generisch

Bibkonzept in Java: 1. Erwähnen, dass es das generell gibt mit Bibs zu arbeiten 2. oo führt zu Algorithmen mit beliebigen Objekten, die eine bestimmte Eigenschaft erfüllen

S. 2 Abs. 2 Wieso teuer und riskant? -> Erklärungen, Belege!

Intention der Arbeit klar machen: Nicht Java-Entwickler umschulen, sondern schulen für Migration, Wartung und Flexibilität

3.3 Storyline

Rechengenauigkeit: unterschied zwischen binärem/dezimalem Fließ-/Festkomma => Geld -> Festkommasemantik

Programmablauf ist gar nicht so unterschiedlich, sieht aber so aus. Nicht mit unterschieden einsteigen sondern mit Gemeinsamkeiten!

S. 18 Gliedern oder komprimieren: goto/labels Randnotizen in Java, Continue Unterschiede COBOL/Java, goto in COBOL kann unterschiedlich verwendet werden. Sprünge auf EXIT Paragraphen, da kein return.

## Am Ende prüfen

Keine Vorwärtsreferenzen

In der Literatur werden nicht alle Autoren aufgeführt

Caption Abstände

Seitenumbrüche + Paragraphenden "schön"

Overfull & underfull + Steht etwas über den Rand?

Keine TODOs mehr

## Liste der noch zu erledigenden Punkte

EVA-Prinzip mit Zitat! . . . . .	17
datenquellen . . . . .	18
Wartbarkeit . . . . .	19
Punkt-END-IF Problematik . . . . .	25
reference exception section . . . . .	34
NEXT STATEMENT erklären . . . . .	36
Transaktionsmonitor beschreiben . . . . .	39
Ein Statement pro Zeile, Einrückungen... -> Struktur / Aufbau des Codes (Verweis auch auf das Strukturkapitel, welches Strukturen enthält die nicht konventionell sondern fest vorgegeben sind.) . . . . .	45
MOVE in COBOL . . . . .	59
union- & struct-like types . . . . .	66
Tests . . . . .	XI
Generics beschreiben . . . . .	XI
3. -Langlebigkeit&Wartbarkeit -> Infrastruktur, nicht Sprache . . . . .	XI
3. -Verlässlichkeit -> Infrastruktur, nicht Sprache . . . . .	XI
3. Batchbetrieb -> Schnittstellen (Host nicht COBOL) . . . . .	XI
5.3 -> 4. Deutlicher, dass Java-Klassen "mächtiger" sind . . . . .	XI
4. -> viel als Schlüsselwort in COBOL, in Java nicht, sondern als Library . .	XI

Einleitungsüberschrift ändern . . . . .	XI
Präzisere Formulierungen: Was ist häufig zu sehen und was selten? Was ist Beobachtung was ist Empfehlung? . . . . .	XI
S. 28 (Java Komponenten) Initializer ({}) in Klassen . . . . .	XI
Kap. 4 COBOL Arithmetische Ausdrücke: Stellen eingeschränkt und unüblich -> Rundung . . . . .	XI
SetImplementierung in COBOL ineffizient und nicht generisch . . . . .	XI
Bibkonzept in Java: 1. Erwähnen, dass es das generell gibt mit Bibs zu arbeiten 2. oo führt zu Algorithmen mit beliebigen Objekten, die eine bestimmte Eigenschaft erfüllen . . . . .	XI
S. 2 Abs. 2 Wieso teuer und riskant? -> Erklärungen, Belege! . . . . .	XI
Intention der Arbeit klar machen: Nicht Java-Entwickler umschulen, sondern schulen für Migration, Wartung und Flexibilität . . . . .	XI
3.3 Storyline . . . . .	XI
Rechengenauigkeit: unterschied zwischen binärem/dezimalem Fließ-/Festkomma => Geld -> Festkommasemantik . . . . .	XI
Programmablauf ist gar nicht so unterschiedlich, sieht aber so aus. Nicht mit unterschieden einsteigen sondern mit gemeinsamkeiten! . . . . .	XII
S. 18 Gliedern oder komprimieren: goto/lables Randnotizen in Java, Continue Unterschiede COBOL/Java, goto in COBOL kann unterschiedlich verwendet werden. Sprünge auf EXIT Paragraphen, da kein return. . . . .	XII
Keine Vorwärtsreferenzen . . . . .	XII
In der Literatur werden nicht alle Autoren aufgeführt . . . . .	XII
Caption Abstände . . . . .	XII
Seitenumbrüche + Paragraphenden "schön" . . . . .	XII
Overfull & underfull + Steht etwas über den Rand? . . . . .	XII
Keine TODOs mehr . . . . .	XII

## A. Experteninterviews

### A.1. Ivaylo Bonev

#### **Ivaylo Bonev**

Ein typisches Muster sind Datenbankzugriffe. Das ist das was man in alten System am meisten sieht, wenn man Performance-Tuning macht. Diese Programme lesen eine Menge Daten aus einer Datenbank und filtern die relevanten Daten erst im Programm. Stattdessen sollte man das natürlich gleich beim Datenbankzugriff machen. Das ist jetzt zwar nicht typisch für COBOL, aber grundsätzlich für diese Systeme. Bei COBOL ist es so, dass man auch dynamisches SQL schreiben kann, was aber relativ aufwändig ist, weil die Art wie man Code schreibt durch die Bildschirmgröße bzw. Terminalgröße vorgegeben ist. Dabei hat man 72 Spalten zur Verfügung. Das heißt selbst ein kleineres Statement muss man öfter umbrechen und dazu kommt noch, dass die Variablentextlänge auf 160 Zeichen beschränkt ist. Ein längeres Statement muss also in mehreren Variablen gespeichert und später kombiniert werden. Deshalb machen viele einfache Datenbankabfragen mit statischen SQL-Statements, die als quasi Konstante hingeschrieben werden. Für sie ist es dann einfacher im Programm zu filtern. Das kann man auf jeden Fall besser machen.

Grundsätzliches Problem bei COBOL ist, dass man keine Funktionen hat. Man kann also keine Parameter mitgeben. Es ist alles global für das gesamte Programm. Das andere was es schwierig macht ist, dass man dynamische Datenstrukturen nicht so wirklich implementieren kann. Man kann zum Beispiel Pointer auf irgendwelche Strukturen austauschen oder sagen, dass man einen 20MB großen Speicherbereich hat und diesen auf unterschiedliche Art und Weisen interpretiert indem eine Struktur daraufgelegt wird. Also man kann eine Struktur definieren und sagen die redefiniert diesen Speicherbereich. Aber man kann nicht dynamisch Speicher allozieren. Das heißt wenn man ein Array hat muss man immer wissen, was die maximale Anzahl der Elemente ist und das immer statisch reservieren. Das heißt kompliziertere Datenstrukturen umzusetzen wie eine HashMap ist schon schwierig. Eine Möglichkeit wie wir das schon gemacht haben ist, dass man tatsächlich einfach ein Array hat mit einer maximalen Anzahl von Elementen und eine Funktion die von dem Wert einen Index ermittelt. Eine eigene Hashfunktion also. Sowas haben wir schon genutzt. Ansonsten ist es relativ schwierig.

Ein weiteres häufiges Muster in COBOL ist, dass 80% des Codes aus MOVE Befehlen besteht, wo Daten hin und her geschoben werden. Ich weiß nicht ob man das besser machen kann. Das liegt oft daran, dass die Variablen unterschiedlich definiert sind. Es

gibt ja zum Beispiel Zahlen für Displayanzeigen und Zahlen für Berechnungen. Damit man von dem einen in den anderen Typ konvertiert muss man diese Daten moven. Das reicht aus. Und oft wird Speicher intern verwaltet. Einmal für das Programm, dann das Statement gegen die Datenbank ausgeführt werden soll werden Teile davon in eine Struktur gemoved die für das SQL passender ist, dann wird das Statement ausgeführt und das Ergebnis landet wieder in anderem Speicher und dieser wird wieder zurückgemoved und damit das Programm dann eine Ausgabe macht gibt es häufig einen weiteren Speicherbereich. Das heißt man sieht ganz viel hin und her mit Daten und das kostet natürlich auch CPU-Zeit.

### **Antonio Grieco**

*Ist das dann etwas bei dem du sagen würdest, dass es zwangsweise notwendig ist?*

### **Ivaylo Bonev**

Teilweise schon. Man kann aber überlegen ob man wirklich für Ein- und Ausgabe einen abweichenden Speicherbereich braucht. Aber andererseits ist es auch relativ gut strukturiert, dass man sieht hier ist die Eingabe und die kann abweichend von dem sein, wie die Daten intern verarbeitet werden. Theoretisch ginge auch ein COPY BY REFERENCE indem man einfach den Pointer auf die Datenstruktur ändert. Also wenn man einen riesen Speicherbereich tatsächlich moved dann kopiert es ja alles. Das hatten wir auch wirklich als Optimierungsmöglichkeit, dass wir nur den Pointer von der Struktur geändert haben. Aber da muss man aufpassen, weil man ja tatsächlich die Daten verändert. Nicht, dass eine andere Programmstelle auf die originalen Daten angewiesen ist.

### **Antonio Grieco**

*Das ist in COBOL aber auch schwierig zu sehen, ob und wo andere Teile auf Daten zugreifen oder?*

### **Ivaylo Bonev**

Ja genau, also im Prinzip hast du immer ein Hauptprogramm. Also wenn ein Batch ist oder eine Transaktion dann gibt es ein Hauptprogramm und mehrere Unterprogramme und rein theoretisch können die Unterprogramme auf den Speicherbereich des Hauptprogramms zugreifen, weil die zu einer compile-Einheit kompiliert werden können. Je nachdem wie man es kompiliert. Man kann auch sagen, das Unterprogramm ist reentrant. Das heißt es kann von mehreren Aufrufern verwendet werden. Und dann kann

es sein, dass es zwischen den Aufrufen einen Zustand behält wenn man nicht aufpasst und unterschiedliche Transaktionen den gleichen Speicherbereich bekommen und diese sich dann stören würden. Aber es ist ähnlich wie in Java, wenn man ein Singleton habt, der globale Variablen hält die nicht synchronisiert sind.

Grundsätzlich ist die Struktur eines COBOL-Programms ein wenig seltsam. Eigentlich hätte man gar keine Einführung in COBOL gebraucht, weil es ja eine Sprache für Business-Leute ist. Aber das kann man natürlich nicht ändern. Oder um was geht es dir?

### **Antonio Grieco**

*Mir geht es darum einen Leitfaden zu erarbeiten, der Java-Entwicklern zeigt wie man COBOL schreibt und liest. Dabei aber auch gleichzeitig zeigt, wie viele Leute COBOL schreiben, was aber eigentlich möglich wäre. Also quasi so Anti-Pattern, die oft verwendet werden, aber eigentlich anders besser gemacht werden könnten. Auf der anderen Seite versuche ich Paradigmen zu untersuchen, die man zum Beispiel aus Java kennt und zu zeigen ob und wenn ja wie diese in COBOL umgesetzt werden können, um COBOL-Entwicklern, die von modernen Sprachen wenig Ahnung haben zu zeigen, dass durch diese Paradigmen unter Umständen der Code effizienter, kürzer oder wie auch immer optimiert werden kann.*

### **Ivaylo Bonev**

Ja, das Problem ist einfach, dass man in COBOL nicht objektorientiert programmiert. Es ist alles Prozedural. Das ist einfach ganz anders als in Java. Deshalb haben viele COBOL-Entwickler Schwierigkeiten Java zu verstehen. Die erwarten auch immer ein Hauptprogramm und einen gewissen Fluß, aber das passt einfach nicht zusammen. Andererseits sehen viele COBOL-Programme auf den ersten Blick sehr komisch aus und man denk sich wieso wurde das so gemacht. Aber eigentlich waren das alles sinnvolle Sachen und das wichtigste dabei war einfach Regeln zu etablieren, wie man Sachen benennt und wie grundstätzlich die Struktur ist. In der Regel haben die immer in der MAIN einen Vorbereitungsteil. Also Initialisierung, dann die Hauptverarbeitung, was dann weitere Unterfunktionen aufrufen kann und dann einen Schlussteil, der alles wieder sauber macht. Und wenn man das in allen Programmen einhält, kommt man ziemlich schnell zurecht.

Man kann auch in COBOL eine Art serviceorientierte Programmierung machen indem man sagt, dass ein Programm mit seinen Unterprogrammen ein Service ist und die unterschiedlichen Funktionalitäten die ich anbieten habe ich – zwar nicht als Methoden, die einfach aufgerufen werden können – aber als Programm da und mit einer Art Diskriminator-Parameter bzw. Flag das ich mitgebe steuere ich das. Das ganze kann ich über ein COPY mit einem REPLACING auch sinnvoll benennen und kann dann

sagen, dass in diesem Service diese und jene Operationen durchgeführt werden können. Der Verarbeitungsteil ist dann mehr oder weniger ein switch-Statement, das die richtige Funktion aufruft. Bei der Datenübergabe kann man den gleichen Speicherbereich einfach anders nutzen und eine andere Struktur darüberlegen. Das heißt der Speicherbereich wäre ein Object in Java und dann die konkreten Implementierungen in den Funktionen. Also soetwas habe ich öfter gesehen und das ist auch erstaunlich gut eigentlich. Der riesen Nachteil ist, dass man bei Variablen die man weitergibt nicht genau weiß wo diese verändert werden. Aber wenn man sich an die Konventionen hält und sagt, dass jede Funktion ihren eigenen Speicherbereich hat, dann geht das. Das ist auch wieder diese MOVE-Thematik. Dort muss ich auch wieder moven in den Speicherbereich der Funktion, aber dann kann ich einigermaßen sicherstellen, dass keine anderen Zugriffe auf die Daten geschehen.

Das meiste was für uns von Bedeutung war hatte mit der Performace zu tun. In COBOL haben wir meistens keine Reengineerings gemacht, im dem Sinne Systeme wartbarer zu machen, sondern meistens Performance-Tuning. Und dabei ist wirklich die Datenbank meistens der Hauptfaktor. Das Thema ist einfach das Filtern oder Joinen in der Datenbank. Häufig sieht man jeweils ein Select für Zeilen die andere verknüpfen und soweit. Also es liegt hauptsächlich daran, dass man dynamisches SQL schwierig schreiben kann und das bei vielen Kunden auch verboten ist. Die Auswertung des Datenbankbetriebs wird dadurch nämlich erschwert. Man muss nämlich aufpassen, weil dynamisches SQL in der Regel teurer ist als statisches. Das Statement muss erst prepared werden. Aber wenn man alles richtig konfiguriert dann liegt es im Cache und der prepare kostet quasi nichts. Man kann es also optimieren, aber es ist nicht automatisch so und auch trotzdem nicht so schnell wie statisches SQL. Es bringt genau dann Ersparnis, wenn man viele ähnliche Fälle hat und diese alle mit einem Statement abhandeln kann. Ansonsten kann ich auch im statischen SQL joinen nur wenn ich ein weiteres Attribut prüfen muss oder so, dann muss ich das ganze Statement kopieren. Das kann ich nicht zusammenstellen. Aber wiederum wir der Zugriffspfad schon beim kompilieren des Programms ermittelt.

Häufig wird in einem Programm ziemlich viel gemacht. Das Programm wird also missbraucht um unterschiedlichste Sachen zu machen und dann werden die riesig. Wir hatten auch schon COBOL-Programme die über 10.000 LOC hatten in einer Datei. Das kommt schnell zusammen. Man braucht ja für ein MOVE-Statement schon 2 Zeilen wenn die Variablennamen entsprechend lang sind. Aber sie machen einfach viel in einem Programm weil es einfach schwierig ist Unterprogramme auszulagern. Liegt wahrscheinlich auch sehr an der Tool-Unterstützung. Viele programmieren noch am Host und da hast du einen Editor der wirklich keine 30 Zeilen anzeigt und mehr nicht. Da verliert man einfach schnell die Übersicht. Das macht keinen Sinn dort zu programmieren. Ein Verbesserungsansatz wäre also Programme so klein wie möglich zu halten. Man hat zwar viel overhead und boiler-plate-code der einfach da ist, aber in der Regel ist es das wert. Der Programmieraufwand und die Arbeit sich eine Schnittstelle zu überlegen ist einfach oft ausschlaggebend dafür, dass das leider nicht gemacht wird.

Grundsätzlich ist Wiederverwendung sehr schwierig, weil man nur mit dem angesprochenen Fallback, dass Speicherbereich anders interpretiert wird, generisches Verhalten



nachahmen kann. Aber es ist nicht einfach. Allerdings könnte man Schnittstellen in eine COPY-Strecke packen und könnte so Sachen auslagern und wiederverwenden. Mir fällt gerade kein Gegenargument ein. Wenn man zum Beispiel sagt man hat eine Sortierroutine die nur einmal implementiert wird und weiß, dass die Datenelemente so und so groß sind dann könnte man diese wiederverwenden. Dass das nicht so oft gemacht wird ist vielleicht so eine Art Anti-Pattern.

## A.2. Jonathan Streit

### Antonio Grieco

*Ich habe angefangen die ersten Kapitel des Buches durcharbeiten. Allerdings ist dort viel theoretisches und wenig wirklicher Einstieg in COBOL. Ich habe mir mal den Compiler installiert und Hallo-Welt-Beispiele versucht.*

### Jonathan Streit

Fangen wir vielleicht mit dem ausführbaren Code an. Du hast ja diese vier DIVISIONs. Alles ab PROCEDURE DIVISION ist ausführbarer Code. Innerhalb einer PROCEDURE DIVISION hast du diese SECTIONS. Bei einer SECTION könnte man grob sagen, es ist etwas ähnliches wie eine Prozedur oder Methode, vom Granularitätsgrad her. Mit dem wichtigen Unterschied, dass du der SECTION keine lokalen Parameter geben kannst. Eigentlich gar keine Parameter und keine lokalen Variablen und keinen Rückgabewert. Es gibt also keine Funktionen im eigentlichen Sinne. Was natürlich ein gigantisches Problem ist, wenn du größere Programme schreibst. Man sieht auch immer wieder, dass SECTIONS quasi kopiert werden, weil sie die gleiche Operation auf einer anderen Datenstruktur nochmal machen sollen. Oder das andere Muster ist, dass man eine Variable hat, die quasi Parameter spielt. Dann wird da etwas rein-gemoved, dann wird die SECTION gerufen und dann gibt es zum Beispiel noch eine andere Variable, die den return-Wert der SECTION liefert.

### Antonio Grieco

*Ist es dann gängige Praxis diese zu kopieren und auf andere Datenstrukturen anzuwenden, oder gibt es Möglichkeiten das zu umgehen?*

**Jonathan Streit**

Das ist das, was man oft sieht und was sich tatsächlich nicht zu 100 Prozent vermeiden lässt, weil dort einfach ein Sprachmittel fehlt. Was aus meiner Sicht eine gute best-practice ist, wenn man lesbaren COBOL-Code schreiben will: Variablen, die für dieses SECTION Parameter, lokale Variable oder Rückgabewert spielen sollen, einen geeigneten Präfix zu verpassen, der deutlich macht, wo dieses Variablen dazugehören. Bei vielen Firmen ist es zum Beispiel üblich, dass man die SECTION-Namen mit einer Nummer am Anfang versieht. Zum Beispiel “P350” und dann kommt der eigentliche Name. Dann kann man das “P350” als Präfix vor alle Variablen kleben, die nur für diese SECTION da sind. Das hilft zu verstehen, was einen Zustand zwischen einzelnen Aufrufen transportiert. Sonst passiert es nämlich gerne, dass es eine Variable gibt, die “W01-irgendwas” heißt und verschiedenen Zwecken dient, weil sie praktischer Weise schon da war. Es ist sehr schwer im Nachhinein herauszufinden, ob diese eine zusammenhängende Bedeutung hat oder ob sie einfach an zwei unterschiedlichen Stellen zu zwei unterschiedlichen Zwecken verwendet wird. Das ist tatsächlich ein Pattern, dass man bei der COBOL-Programmierung verbessern kann wenn man das man deutlich macht. Das Konzept des Parameters und lokaler Variablen, ist eigentlich jemandem der aus der Java-Welt kommt sehr geläufig. Was tatsächlich möglich ist, wenn man ein anderes Programm aufruft, dass man diesem Parameter übergibt. Ich bin mir momentan sogar nicht sicher, was den return-Code betrifft und wenn, dann ist das jedoch sehr unüblich. Aber vielleicht gibt das die Sprache sogar her. Auf jeden Fall kannst du Parameter übergeben. Das heißt da hast du durchaus die Möglichkeit ein anderes Programm zu rufen, welches die gleiche Operation auf unterschiedlichen Datenobjekten ausführt, welche alle die gleiche Struktur haben.

**Antonio Grieco**

*Ist es dann nicht sinnvoll, Dinge die auf unterschiedlichen Datenobjekten arbeiten dann auch wirklich auszulagern?*

**Jonathan Streit**

Ja, das ist in gewisser Weise sinnvoll. Aber der Overhead in COBOL, um ein neues Programm zu erstellen ist vergleichsweise hoch. Wenn man sich den leeren Programmrahmen ansieht, ist dieser schon ein bisschen länger. Und auch das Kompilieren auf einem Host benötigt in diesem Fall einen eigenen Job. Deshalb scheut man das traditioneller Weise eher und schreibt lieber längere Programme. Und man hat auch im Gegensatz zu Java-Klassen, die alle gemeinsame private Methoden oder Datenstrukturen nutzen können, in einem COBOL-Programm genau einen Einstiegspunkt. Das heißt man könnte zwar separate Programme erstellen, diese jedoch nichts gemeinsam haben. Ein Muster, das man auch häufig findet ist, dass es einen Funktionscode gibt, den man dem Programm übergibt. Abhängig davon tut das Programm dann unterschiedliche Dinge.

Das ist so ein bisschen das Muster, wie COBOL-Programmierer traditionellerweise damit umgehen. Sie sagen, ich habe mehrer Operationen die gemeinsame Hilfsfunktionen brauchen und gemeinsame Daten haben und diese packe ich zusammen in ein Programm und steuere diese über den Funktionscode. Hat aber natürlich den Nachteil, dass nicht mehr transparent ist, für welchen Funktionscode, welche Parameter von Bedeutung sind.

### **Antonio Grieco**

*Kann man sich das dann in etwa vorstellen wie die Funktionsübergabe in Python?*

### **Jonathan Streit**

Nein, mein übergibt einfach ein Integer oder einen Character.

### **Antonio Grieco**

*Achso, dabei handelt es sich also nur um ein Flag.*

### **Jonathan Streit**

Ja, das ist einfach nur ein Flag, welches sagt, wenn ich da zum Beispiel eine eins übergebe dann wird ein neues Element hinzugefügt, wenn ich eine zwei übergebe, dann wird ein Element gesucht und wenn ich eine drei übergebe wird eines gelöscht. Das ist durchaus ein beliebtes Mittel. Und was noch dazu kommt ist, dass die Programme nur einen achtstelligen Namen haben. Eine SECTION kann noch einen halbwegs lesbaren Namen haben bei einem Programm wird das schon schwierig. Deshalb sind diese Programme traditionellerweise relativ groß. Aber im Sinne von Wiederverwendung ist es natürlich sinnvoll das aufzuteilen. Mit einer modernen Entwicklungsumgebung ist zumindest das Kompilieren auch nicht mehr so dramatisch. Bei den Übergabeparametern kann man sicherlich noch auf die genaue Semantik verweisen. Der Compiler überprüft allerdings nicht, ob das was, man dem Programm übergibt und das was es erwartet die gleiche Größe oder Struktur hat. Der Compiler betrachtet nur die Anzahl der Parameter. Das heißt, dort kann man auch sehr subtile Fehler reinbekommen. Was häufig gemacht wird ist, dass man diese Parameterobjekte in sogenannte Copy-Strukturen zieht. Das heißt man definiert in der Copy-Struktur die Daten und kann diese dann einmal in dem aufrufenden und einmal in dem aufgerufenen Programm einbinden. Somit hat man eine gewisse Sicherheit und unter Umständen sogar noch die Parameterleiste in der Copy-Struktur, damit man auch dort keine Reihenfolgen-Fehler einbaut. Was natürlich sehr sinnvoll ist, aber wiederum die Möglichkeit nimmt auch mal andere Objekte als

Parameter zu übergeben. Das heißt man verwendet zwar die Copy-Struktur, benutzt aber nur einen Teil der Felder die man braucht. Oder man moved dann aus dem Feld, das man eigentlich in seinem Programm hat in dieses Übergabefeld und ruft dann damit das Programm. Daten hin- und herzuschieben ist ein sehr beliebtes Spiel. Eigentlich würde es die Sprach jedoch hergeben zu sagen “CALL USING” und dann einfach drei beliebige Variablen anzugeben. Das machen aber tatsächlich viele nicht so rigide, weil sie vermeiden wollen, dass es zu Übergabefehlern kommt. Die Möglichkeit wäre allerdings gegeben.

### **Jonathan Streit**

Ein Muster welches einem auch noch oft begegnet: Man kann in COBOL einen Programmaufruf entweder mit der direkten Angabe des Programmnamens machen oder mit Hilfe einer Variable, in der der Programmname steht. Diese Variable hat jedoch oft nie einen anderen Wert als diesen einen Programmnamen. Das wird deshalb gemacht, weil der Linker, der alles zu einem ausführbaren Lademodul zusammenfügt, alles zusammenfügt was statisch angegeben ist. Das heißt aus einem großen System wird ein riesen Lademodul. Wenn ich allerdings einen pseudo-dynamischen Aufruf tätige wird alles erst zur Laufzeit gelinkt. Das ist quasi die Unterscheidung von einer großen Bibliothek (dll) und mehreren kleinen.

### **Jonathan Streit**

Ich habe bereits gesagt, dass die SECTIONs quasi mit Prozeduren zu vergleichen sind. Was jedoch auch nicht möglich ist, ist Rekursion. Eine SECTION kann also nicht noch einmal aufgerufen werden. Bei Programmen geht das. Ein Programm kann mehrfach im Call-Stack sein, eine SECTION nicht.

### **Jonathan Streit**

Man kann degenerierten Programmfluß erzeugen, wenn man sich nicht an die SECTION-Grenzen hält. Ein Programm fängt ja quasi immer bei der PROCEDURE DIVISION an und dann folgt typischerweise ein PERFORM auf einzelne SECTIONs und irgendwann gelangt man zu einer Stelle, an der ein STOP RUN oder ähnliches steht und das Programm endet dort. Wenn man kein STOP RUN hat dann wird einfach von oben nach unten der Reihe nach ausgeführt. Unerheblich dabei ist, dass irgendwo eine SECTION beginnt. Er läuft also durch den ersten Block durch, dann folgt die erste SECTION, mit der einfach begonnen wird und läuft solange durch bis er ans Ende gelangt. Wie erwähnt ist das nicht das, was man normalerweise haben möchte oder macht. Der Compiler würde es allerdings hergeben. Genau so kann man mit einem GOTO von einer SECTION in eine andere springen.

**Antonio Grieco**

*Also Spaghetticode produzieren.*

**Jonathan Streit**

Ja, kann man machen. Ich kann auch ein PERFORM machen, was eigentlich der SECTION Aufruf ist, auf einem PARAGRAPH. Der PARAGRAPH ist sozusagen die nächstkleinere Einheit die einen Namen trägt (Ein Label vorne) und es wird nach diesem PARAGRAPH wieder zurück gesprungen, ohne, dass am Ende ein EXIT steht, im Gegensatz zu einer SECTION. Man kann also sehr fiese Sachen machen. Die allermeisten COBOL-Programme werden allerdings eine Struktur haben, wo eine SECTION auch wirklich mit dem Wort SECTION beginnt und mit einem EXIT endet und das ganze tatsächlich als Prozedur gehandhabt wird. Der Compiler gibt allerdings noch deutlich fiesere Sachen her.

**Antonio Grieco**

*Ein STOP RUN steht also am Ende des ganzen Programms?*

**Jonathan Streit**

Entweder es steht am Ende der ersten, nichtbenannten, SECTION. Dort wo die PROCEDURE DIVISION endet bzw. wo die erste SECTION beginnt. Manchmal gibt es auch eine End-SECTION die zum Schluss aufgerufen wird, welche dann dieses STOP RUN enthält. Das ist im Grunde jedoch ein ganz normaler Befehl, welcher auch zwischendrin aufgerufen werden könnte.

**Jonathan Streit**

Mit dem GOTO kann ansonsten beliebig Unfug getrieben werden. Das ist hinreichend belegt und inzwischen bei vielen COBOL-Programmierern angekommen, dass das GOTO nicht das Mittel der Wahl ist. Aber vor allem in alten Programmen findet sich das noch, um Schleifen zu bauen. Fies sind natürlich immer GOTOs, die nach oben springen.

### **Jonathan Streit**

Dann gibt es in COBOL die Gemeinheit mit den Punkten. Die Gliederung ist quasi: Man hat SECTIONS und in diesen können PARAGRAPHS stehen. Ein PARAGRAPH hat dabei ein Label. Ein PARAGRAPH ist dabei auch das Sprungziel eines GOTOs. Auf kleinere Einheiten kann nicht gesprungen werden. In einem PARAGRAPH steht dann die SENTENCE. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass sie mit einem Punkt endet.

### **Antonio Grieco**

*Ist diese SENTENCE auch benannt?*

### **Jonathan Streit**

Nein, die SENTENCE ist einfach ein Statement. Man kann jedoch in COBOL auch ohne diese Punkte programmieren. Man kann also zum Beispiel ein MOVE X ... machen und einen Punkt dahinter setzen. Man kann aber auch ohne den Punkt mit etwas anderem weiter machen. Wenn man einen Punkt ans Ende stellt dann ist es eine SENTENCE. Das ist dann von Bedeutung, wenn man zum Beispiel ein IF davor setzt, welches nicht mit END-IF endet. Dann gehört alles bis zum nächsten Punkt in den IF-Zweig. Das könnten durchaus mehrere Statements sein. Das ist aus gutem Grund eher verpönt, weil man sich natürlich höllische Semantische Fehler einhandeln kann.

### **Antonio Grieco**

*Man lässt also die Punkte weg und verwendet ein END-IF?*

### **Jonathan Streit**

Manche lassen diese Punkte tatsächlich weg, außer bei der PARAGRAPH- und SECTION-Deklaration. Dort müssen sie stehen. Manche machen sie, schreiben den Code allerdings so, dass dieser sich nicht darauf verlässt, dass eine bestimmte Semantik dadurch transportiert wird. Was man machen kann ist ein END-IF verwenden und der Compiler würde die Verwendung eines Punktes bemängeln. Man kann IFs ohne END-IF natürlich auch nicht sinnvoll verschachteln. Manche würden vielleicht hinter das END-IF einen Punkt setzen. Semantik durch die Punkte zu transportieren ist allerdings böse, jedoch mag es sein, dass man auch das in alten Programmen noch findet. Das ist ein wenig wie die Frage in Java ob man geschweifte Klammern bei einem if mit nur einem Statement verwendet oder nicht. Außerdem gibt es ein Statement welches NEXT SENTENCE

heißt. Mit dem man zum nächsten SENTENCE springen kann. Das findet man auch manchmal, wenn man die IF-Bedingung nicht negieren will. Dann sagt man IF X = Y THEN NEXT SENTENCE. Ansonsten hat man die normalen Kontrollfluß-Statements. Man hat ein IF man hat ein switch, was in COBOL EVALUATE heißt, man hat Schleifen verschiedenster Arten. Die Schleife fängt mit dem Schlüsselwort PERFORM an. Was idiotisch ist, weil ein PERFORM auch für einen SECTION-Aufruf verwendet wird. Und es gibt ein PERFORM VARYING das ist im Prinzip die for-Schleife. Man kann aber auch ein PERFORM UNTIL machen. Dabei kann man glaube ich die Bedingung vorn oder hinten anstellen. Was auch geht, jedoch seltener gebraucht wird ist ein PERFORM <SECTION> UNTIL, dabei wird die SECTION solange aufgerufen bis die Bedingung erfüllt ist. Sollte man das sehen muss man ein wenig überlegen, da es doch eher selten gebraucht wird. Da gibt es auf jeden Fall Möglichkeiten für Schleifen. In einem EVALUATE gibt es zum Beispiel auch die Möglichkeit mehrere Bedingungen drinstehen zu haben. Du kannst zum Beispiel ein EVALUATE X ALSO Y haben, dann sagst du wenn 1 ALSO 2. Was man auch manchmal findet ist das EVALUATE TRUE. Dann kann man im WHEN eine Bedingung angeben. Dann wird es quasi umgedreht.

### **Antonio Grieco**

*Wie wäre dann dort die best-practice?*

### **Jonathan Streit**

Es gibt sehr wenig Situationen in denen ein EVALUATE TRUE Sinn macht. Eventuell nur dann wenn man sagt man will von mehreren Bedingungen die erste auswählen die erfüllt ist. Dann könnte man aber auch ein IF ELSE-IF ELSE... schreiben. Das nimmt sich dann nicht viel. Wichtig ist einfach, dass die Möglichkeit, die mit einem switch gegeben ist auch in COBOL vorhanden ist.

Was auch wichtig ist: Es gibt in COBOL kein wirkliches Bibliothekskonzept. Oder überhaupt eine Bibliothek an wiederverwendbaren Teilen. Das heißt, alles was man an Logik benutzt ist entweder Bestandteil der Sprache oder man hat es sich selbst geschrieben. Oder es sind irgendwelche Querschnittsprogramme die auf genau dem System auf dem man entwickelt bereits vorhanden sind. Vielleicht gibt es da ein paar, die bei bestimmten Betriebssystemen immer vorhanden sind. Oder man weiß, dass das ADABAS Datenbanksystem immer dieses und jenes hat. Aber so die Möglichkeit, dass man weiß, dass man mit java.util oder java.io riesen Bibliotheken hat, die gibt es nicht. Und aufgrund der fehlenden Wiederverwendung und Objektorientierung wäre das auch gar nicht einfach zu schreiben. Weil man eben nicht einfach etwas generisches entwickeln kann und einfach beliebige Objekte reinstecken kann. Dazu müsste man erstmal wissen wie groß diese Daten sein werden. Das ist natürlich ein großer Nachteil, wenn man tatsächlich mit großen Systemen zu tun hat. Einfach weil viel neu implementiert werden muss. Und einfach sehr lokal gearbeitet wird. Das ist einfach eine andere Denkweise, als man es aus der moderneren Welt kennt, in der man einfach nachsieht welche Bibliothek

man sich ziehen muss. Das ist wichtig zu verstehen, für jemanden der aus der Java-Welt kommt. COBOL hat dadurch jedoch viele Sachen direkt als Schlüsselwörter in der Sprache integriert. Da sieht man jedoch, dass das natürlich trotzdem schnell an seine Grenzen stößt. Man kann natürlich nicht die gesamte JDK in Schlüsselwörter packen.

Es gibt dann ein paar Gemeinsamkeiten, dass dann abhängig von der Version und des Compilers verschiedene Schlüsselwörter unter Umständen nicht vorhanden sind. In der CONFIGURATION SECTION kann man auch ein paar Flags setzen, die dann bestimmte Funktionalitäten einschalten oder eben nicht. Und man kann festlegen, ob das Komma oder der Punkt als Dezimaltrennzeichen verwendet wird. Was die moderneren Compiler integriert haben ist objektorientiertes COBOL. Das ist jedoch aus meiner Sicht eher Unfug und ich habe das jetzt auch noch nie wirklich gesehen. Außer vielleicht wenn man eine Brückenfunktion zu Java hat oder so. Also es gibt ja durchaus Runtime dazwischen, mit der man Java- oder C#-Code aufrufen kann. Und dann holt man sich halt das Objekt das man aufrufen möchte mit rein. Aber ansonsten eignet sich die Syntax einfach nicht, um feingranulare Objekte zu schreiben.

23:29

### **Antonio Grieco**

*Soll ich mir dieses objektorientierte COBOL dann auch ansehen?*

### **Jonathan Streit**

Ich würde eher reinschreiben, dass es das gibt, jedoch sehr selten verwendet wird und anstatt das zu verwenden sollte man sich die Gedanken machen, das wirklich in einer objektorientierten Sprache nachzuimplementieren. Also wie gesagt, ich hab es noch nicht sinnvoll im Einsatz gesehen. Und es werden die wenigsten Leute mit COBOL-know-how kennen. Das funktioniert nicht gut, ist sehr Compiler-abhängig. Da eignet sich einfach die Sprache nicht dafür. Es gab zum Beispiel auch die Möglichkeit Programme zu schachteln, was der Versuch war soetwas wie lokale Variablen und Kapselung zu ermöglichen. Es ist jedoch unglaublich schwerfällig wenn man quasi in einem Programm nochmal den kompletten Programmrahmen drinstehen hat. Das habe ich glaube ich auch noch nie gesehen. Dann gibt es neue Schlüsselwörter die zum Beispiel für XML-Parsing verwendet werden. Das ist bei den Schnittstellen interessant. Aber eigentlich ist es ein relativ kläglicher Versuch noch Funktionalität in eine alte Sprache zu bringen. Was auch noch recht interessant ist, dass man oft sieht, dass es für bestimmte Sachen Schlüsselwörter gibt, die recht hilfreich sind. Sobald man jedoch die Möglichkeiten dieses Schlüsselwortes ausgeschöpft hat kommt man ziemlich ins Rudern. Was zum Beispiel sehr schwierig ist sind Bit-Operationen. Zu sagen ich möchte jetzt das dritte Bit setzen z.B. Man hat nämlich keine binären Und- und Or-Operationen und muss das dann irgendwie nachbilden. Da wirds dann richtig knifflig. String-Manipulation ist auch so ein Beispiel.



Es gibt schon Befehle um zum Beispiel mehrere Sachen zusammen in einen String hintereinander zu packen oder Befehle um Sachen nach bestimmten Trennzeichen zu trennen. Man kommt jedoch trotzdem schnell an die Grenzen und das führt schnell zu wilden Dingen. Dass zum Beispiel künstlich Trennzeichen eingefügt werden, um sie im nächsten Schritt wieder finden zu können. STRING-Befehl, INSPECT-Befehl, UNSTRING-Befehl sind dabei ein paar Beispiele.

### **Antonio Grieco**

*Was sind denn gängige Datenstrukturen in COBOL?*

### **Jonathan Streit**

Das ist jetzt das interessante. Ganz grundsätzlich gibt es alphanumerische und numerische. Deklariert wird immer <Variablenname> PIC <Typ> und der Punkt. Wichtig ist, dass in COBOL die Daten-Deklaration immer zugleich die Deklaration des Ausgabeformats. Meistens zumindest. Bei den numerischen Typen legt man also fest wie die interne Repräsentation aussehen soll, also ob es binär gespeichert werden soll oder einfach als String. Wenn man ein PIC X macht ist es zum Beispiel ein einzelner Character. Ein PIC 9(4) wäre eine vierstellige Zahl die als String gespeichert wird. Wir könnten auch allerdings auch ein PIC 9(4)V9(2) PACKED DECIMAL. Dann haben wir 4 Vorkommastellen und zwei Nachkommastellen und das ganze wird als BCD Codierte Zahl gespeichert. Bei dem immer 2 Ziffern in einem Byte landen. Manchmal gibt es auch noch die COMPUTATIONAL, welche meistens jedoch auch PACKED DECIMAL sind. Da hat der Compiler ein wenig die Wahl was er nimmt. Und BINARY gibt es auch. Das würde dann tatsächlich so gespeichert werden wie zum Beispiel ein Integer in Java. Man könnte allerdings auch ein PIC ZZZ9 definieren. Der hat auch vier Stellen, wird dieser allerdings ausgegeben, bekommt dieser Typ keine führenden Nullen. Da gibt es noch weitere Formatierungszeichen. Das ist also eine Kombination aus dem was man mit einem String.format machen würde und der eigentlichen Typdeklaration. COBOL-Leute würden behaupten das sei unglaublich praktische, weil Daten die Verarbeitet werden auch sehr oft ausgegeben werden sollen und man sich dann nicht um irgendwelche komischen Formate kümmern muss. Die Zahl weiß schon wie sie sich ausgeben soll. Man sieht jedoch dadurch auch oft Code der quasi Daten von einer Variable in eine andere MOVED nur um sie in ein bestimmtes Ausgabeformat zu bringen. Oder man hat multiple Definitionen von einer Variablen mit REDEFINE. Das ist im Prinzip das gleiche wie ein Union in C. Das machen die extrem viel. Da kann man zum Beispiel sowas machen wie “STR PIC X(4)”. Und dann z.B. “NUM REDEFINES STR PIC 9(4)” und dann könnte ich zum Beispiel Fragen “IF STR NUMERIC -> ADD NUM TO SUMMER” irgendwas. Das heißt man prüft ob in der String-Repräsentation etwas drinsteht, was wirklich als Zahl interpretierbar ist und greift dann auf den gleichen Speicherbereich zu, jedoch als numerische Repräsentation. Das findet man auch oft. Das heißt vor allem, dass man mit diesen REDEFINES extrem aufpassen muss, wenn man sucht ob und wo eine Variable verwendet wird, weil eben die Variable nicht verwendet wird jedoch der

selbe Speicher. Oder, dass man nie eine Zuweisung auf eine Variable sehe, diese jedoch trotzdem einen Wert hat. Das wird wie gesagt sehr exzessiv verwendet. Eben für so Konvertierungen. Es gibt auch noch FILLER, also eine Variable ohne Namen.

Was auch sehr wichtig ist, dass man in COBOL keine benutzerdefinierten Typen hat. Diese Deklarationen muss man deshalb immer wiederholen. Die einzige Möglichkeit die man hat ist diese Daten in ein COPY-Element zu packen, aber dann habe ich auch immer die gleichen Namen. Allerdings gibt es das REPLACING-Keywort, mit dessen Hilfe bei einem COPY Textersetzung gemacht wird. Da könnte man theoretisch sogar Variablen umbenennen, typischerweise würde man hier den Präfix einer Variable verändern. Dies wird jedoch sehr selten verwendet. Und das ist auch nicht so einfach zu durchschauen, weil Variablennamen nicht klar zu finden sind. Dadurch wäre ich damit auch sehr vorsichtig. Aber das wäre quasi eine Möglichkeit um eine Datenstruktur wie eine Adresse mit vier Feldern auch an einer anderen Stelle mit anderem Namen nochmals verwenden zu können.

Nochmals einen Schritt zurück. Es gibt auch Levelnummer bei der Variablendeklaration. Das heißt man schachtelt seine Daten immer. Und da kann man zum einen 37:44 - 38:50 Man kann damit auch auf einer bestimmten Ebene ein Array deklarieren. Man macht ein OCCURS 5 TIMES und alle Felder darunter würden dann 5 mal vorkommen. Das ist das Sprachmittel, um zusammenhängende Strukturen oder einfache Datenklassen abbilden würde. Aber wie gesagt immer mit dem großen Problem, dass das immer wieder deklariert werden muss wenn es gebraucht wird oder in ein COPY-Element gepackt werden muss und man an einen festen Namen gebunden ist oder dabei das REPLACING nutzen muss. Es gibt theoretisch sogar die Möglichkeit zu sagen: "MOVE C IN XYZ TO V" wäre etwas ähnliches wie in Java der Punkt. Das wäre also quasi "V=XYZ.C". Da kann man also sogar qualifizieren welches du meinst. In 99% der COBOL-Programme sind diese Namen immer eindeutig und haben ihre Namenskonventionen. Dabei wissen sie zum Beispiel, wenn ein "COPY TACA" heißt dann fangen alle Variablen darin mit "TACA" an und alle lokalen Variablen die ich mir dazudefiniere fangen irgendwie mit "W" an. Dadurch ist quasi sichergestellt, dass Namen eindeutig sind. 40:40 - 41:00 Das wird jedoch erstaunlich selten genutzt. Aber das ist vielleicht ein feature welches für jemanden der aus der modernen Programmierwelt kommt sehr interessant sein kann. Damit kann man sagen du kannst diese Struktur in ein COPY-Element packen und wiederverwenden, musst sie jedoch immer qualifizieren.

### **Antonio Grieco**

*Ist das dann nur für einen Einsteiger interessant oder sollte man das in der Praxis auch wirklich verwenden?*

## Jonathan Streit

Es kommt darauf an in welchem Kontext man arbeitet. Für existierende Programme wird man das wenig brauchen, weil es sehr selten verwendet wird. Um es selbst zu schreiben hängt es ein wenig ab. Man arbeitet in der Regel ja an einem existierenden System, bei dem man vielleicht auch nicht den gesamten Stil auf den Kopf stellen will oder darf, aber eigentlich ist es sehr sinnvoll zu verwenden. Vor allem eben für so wiederkehrende Strukturen wie Adressen oder Datum zum Beispiel. Dadurch erreicht man ein wenig Kapselung und Wiederverwendung. Das ist natürlich auch ein großes Wartungsproblem. Beim Datum zum Beispiel, wenn man an das Jahr 2000 denkt. Früher gab es das C für century vielleicht nicht und plötzlich muss man nun an 10000 Stellen im Programm das C einfügen. In der Java Welt würde man einfach die Klasse erweitern. Da hast du in COBOL einfach keine Chance. Deshalb ist das schon eine sehr interessante Geschichte. Oder wir hatten mal einen Kunden, der hatte eine vierstellige Nummer für die Partnerunternehmen und irgendwann war sind einfach die vierstelligen Nummern ausgegangen. Gelöst wurde das dann witzigerweise durch das Zulassen von Buchstaben. Weil so der Speicherbedarf nicht erhöht wurde und sich Datenstrukturen im Speicher nicht verschoben haben. Das ist immer der GAU, weil der Compiler bei einem Programmaufruf nicht überprüft, was das andere Programm an Daten erwartet, kann man Programme unabhängig voneinander kompilieren. So lange man keine Daten dazwischen einfügt sondern nur hinten anhängt oder Speicherbereich undefiniert, muss das andere Programm nicht neu kompiliert werden. Diese Übergabe funktioniert intern mithilfe eines Pointers. Man kann also Daten von einem Programm an ein anderes Programm übergeben, welches davon ausgeht, dass weniger Daten da sind als tatsächlich und dieses gibt diesen Pointer wiederum weiter an ein weiteres Unterprogramm, welches dann wieder von den zusätzlich Daten weiß. Die gerufenen Programme können durch diese Aufrufe by-reference auch z.B. etwas anhängen. Wenn man aber quasi Variablen in der Mitte einfügt und damit alles verschiebt muss man alles neu kompilieren. Es ist jedoch bei COBOL-Systemen nicht unüblich, dass über Jahre Teile nicht neu kompiliert werden.

## Antonio Grieco

*Welche Gründe hat das? Ist dabei die Laufzeit des Kompilierens ausschlaggebend dafür, dass das nicht gemacht wird?*

## Jonathan Streit

Ja, es würde unter Umständen einen Tag dauern um alles neu zu kompilieren. Aber auch die Rechenzeit auf einem Mainframe ist sehr teuer. Dort wird üblicherweise pro Rechenzeit bezahlt. Zudem ist es einfach sehr unpraktisch. Man hat einen compile-job für jeden Programm und müsste diese einzeln anstoßen. Es ist aber auch die

übliche Art und Weise, dass Programme – das ist ein wichtiger Punkt im Großrechner-Umfeld – immer einzeln, bzw. einzelne Lademodule, deployed werden. Durch das dynamische Linken ist jedoch ein Programm in der Regel ein Lademodul für sich. Dabei muss man sich meistens manuell, seltener vielleicht durch Werkzeug-Unterstützung, überlegen, was mitkompiliert werden muss, damit die Teile zusammenpassen. Das ist ganz lustig, weil das was derzeit mit den Micro-Services propagiert wird, dort schon seit 50 Jahren gemacht wird. Das hat natürlich den Vorteil, dass man ein Feature mal schnell reinschieben kann, jedoch auch den Nachteil, dass man erst zur Laufzeit feststellt, dass Teile nicht mehr zusammenpassen. Dieses Vorgehen ist jedoch weniger ein Feature der Sprache, als mehr von dem Umfeld.

Die Datendeklarationen kann man natürlich beliebig ausnutzen. Zum Beispiel, dass ein Binary mit einem Character redefiniert wird und man sich dann die Binärwerte herausholt. Das wird teilweise in der Praxis auch wirklich gemacht. Was auch ein wenig gewöhnungsbedürftig ist, dass es für die vier Grundrechenarten eigene Befehle gibt. Und dann gibt es das COMPUTE-Statement. In diesem kann man wirklich dann einen Term aufschreiben. Und Zuweisungen werden eben mit dem MOVE bewerkstelligt. Das ist ein wenig komisch, weil es anders herum funktioniert. Man gibt also an welcher Wert wohin kopiert werden soll. Aber z.B. ein  $X=Y+1$  müsste man bereits mit einem COMPUTE machen. “ADD Y TO 1 GIVING X” würde noch gehen. Aber das wäre auch sehr unintuitiv.

Das nächste ist ein Grund dafür weshalb COBOL noch immer so beliebt ist. Man hat eine absolute und vor allem klar festgelegte Präzision auf den Dezimalstellen. Das heißt für alles was mit Geld zu tun hat ist das genau das was man haben möchte. Float und Double in Java sind dafür gänzlich ungeeignet. Weil diese das nicht abbilden können. Es gibt einfach bestimmte Dezimalwerte, die nicht exakt in einem Double dargestellt werden können. Und der Umgang mit einem BigDecimal in Java ist auch sehr umständlich. Vor allem weil dieser Typ in Java auch besonders schlecht gebaut ist. COBOL schneidet Dezimalstellen standardmäßig immer ab, es sei denn man gibt ein ROUNDED an. Es ist aber einfach ganz klar festgelegt, wie viele Nachkommastellen eine Variable hat. C# zum Beispiel kennt einen Decimal Typen der zumindest schon bequemer zu handhaben ist als der BigDecimal, aber auch das Problem hat, dass er keine festgelegte Anzahl an Nachkommastellen hat. Das ist tatsächlich ein immenser Vorteil von COBOL.

Ansonsten haben wir bereits über Arrays geredet. Man kann also irgendwo ein OCCURS machen. Das Array ist dabei immer mit 1 beginnend indiziert, anders als in Java. Und man kann durch die Stufennummern auch eine Unterstruktur haben die sich durch das OCCURS wiederholt. Also ein Array aus structs sozusagen. Man kann auch mehrdimensionale Arrays definieren. Das funktioniert auch gut. Allerdings haben diese alle immer eine feste Grenze. Es gibt in COBOL keine dynamischen Datenstrukturen. Es gibt keinen Heap und man hat einfach keine Möglichkeit dynamische Datenstrukturen zu bauen. Es gibt Systeme, die dann Betriebssystem-Module aufrufen um sich irgendwie einen unterschiedlich großen Speicherbereich zu holen. Aber das ist sehr sehr selten und auch nur Trickseriei. Normalerweise hat man immer festdefinierte Grenzen. Was natürlich auch heißt, dass manchmal Speicherplatz verschwendet wird und dass man

in der Wartung immer mal wieder Anpassungen hat, in denen einfach nur die Anzahl der Elemente in einer Datenstruktur erhöht werden soll. Damit stößt man natürlich auch mit anderen interessanten Datenstrukturen an seine Grenzen. Das ist wichtig zu verstehen für einen Java-Programmierer. Ich habe einfach kein “new”. Das gibt es nicht. Was wiederum ganz interessant ist, ist das definieren eines Array-Indexes mit “INDEXED BY <ARINDEX>”. Und ich kann dann sagen “SET <ARINDEX> TO 5” und dann greife ich auf des 5. Element zu. Diese Indexvariablen sind ein wenig ein eigenes Völkchen. Die kann man nämlich zum Beispiel nicht in Rechenoperationen benutzen. Bei einem SET ist es übrigens genau die andere Reihenfolge wie bei einem MOVE. Was man machen kann ist ein MOVE zwischen einer numerischen Variablen und einem Index. Ich bin mir gar nicht sicher, ob die numerische Variable jedoch ein BINARY sein muss. Und dieser Index gehört fest zu diesem Array. Ich kann den nicht für ein anderes Array benutzen. Auch wenn das auch 5 Elemente hätte. Das kann ganz schön lästig werden. Und es gibt viel Code der einfach nur dafür sorgt Indizes zu kopieren. Das ist allerdings meiner Meinung nach auch nur ein Stück Unwissen. Man kann nämlich durchaus ein BINARY PIC zum indizieren benutzen, zumindest in manchen Dialekten obwohl es total Sinn machen würde. Wenn ich zum Beispiel Strukturen habe die alle nach Monaten indiziert sind, dann habe ich einen Monatsindex und nicht 3 die ich synchron halten muss. Das ist für mich auch wieder eine Lektion für Leute die COBOL ausreizen wollen. Das man halt ein BINARY als Index benutzt.

### **Antonio Grieco**

*Den müsste ich aber vorher in den Index des Arrays moven oder?*

### **Jonathan Streit**

Nein, den kann man einfach als Index bei einem Zugriff verwenden. Mit dem BINARY geht es, mit einem normalen nicht. Es mag sein, dass der INDEXED BY Index minimal effizienter ist, aber das ist in den meisten Fällen egal. Da sind die Wartungskosten eigentlich relevanter. Wie gesagt, in dem Code, den wir gerade migrieren sieht man dauernd “SET INDEX1 TO INDEX2” und so weiter. Was interessant ist: Man kann zwar mit dem Index keine Rechenoperationen machen, aber zum Beispiel INDEX+1 geht. Wird aber auch erstaunlich wenig verwendet. Oft sieht man ein kopieren des Index, dann ein “SET INDEX UP BY 1” vor dem Zugriff und danach wird wieder der Index kopiert. Dabei kann man definitiv effizienter werden. Erlaubt sind dabei nur Plus und Minus mit einer Konstanten. Aber das reicht für viele Sachen schon aus.

Was fehlt sind einfach effizientere Datenstrukturen. Was es gibt ist die Möglichkeit zu sortieren. Also es gibt diesen SORT Befehl. Der ist allerdings ein wenig schwerfällig. Da muss man dann zwei Prozeduren deklarieren, die die Datenelemente liefern. Und die sortierten wieder entgegennehmen. Da wird auch tatsächlich in der Regel eine Betriebssystem-Routine gerufen. Das ist vor allem bei größeren Mengen interessant. Für kleinere Strukturen findet man dann tatsächlich oft den Bubble-Sort. Dieser ist einfach

zu implementieren und dadurch, dass man ihn nicht generisch nutzen kann muss er einfach immer wieder neu hingeschrieben werden. Da ist der Bubble-Sort wahrscheinlich noch der günstigste. Alle anderen effizienteren Algorithmen scheitern eigentlich daran, dass ich keine Rekursion habe. Da müsste man schon wirklich tricksen und sich künstlich einen Stack bauen in einem Array, welches nur eine bestimmte Größe haben kann und sich dann irgendwie einen Quick-Sort bauen. Das ist jedoch ziemlich groß. Der SORT Befehl ist schon sehr effizient und dann greift man auf diesen zurück.

Was es auch gibt ist der SEARCH Befehl. Dieser macht normalerweise eine lineare Suche nach einem bestimmten Element. Dieser hat auch eine wilde Syntax, bei der man sagt “Wenn du etwas findest was passt dann mache folgendes, wenn nicht, dann mach jenes.” Das liest sich auch nicht schön. Aber im Prinzip macht er eine lineare Suche. Wenn ich ein “SEARCH ALL” mache, dann macht er eine binäre Suche. Ist auch ein idiotisches Schlüsselwort. Weil er genau nicht alle durchsucht. Aber das heißt, wenn man eine vorsortierte Datenstruktur hat, kann man damit eine binäre Suche zumindest machen. Damit kommt man dann zumindest auf  $\log(n)$ . Das findet man schon auch in existierenden Programmen immer mal wieder. Für alles andere gibt es eigentlich keine eingebauten Möglichkeiten. Nichtsdestotrotz kann man sich schon etwas ähnliches bauen. Systeme mit größeren Datenmengen, die Performance-kritisch sind und an denen Leute gearbeitet haben die bisschen was von ihren Fach verstanden haben findet man schon auch so Sachen. Man erkennt sie allerdings womöglich nicht sofort, weil den damaligen Entwicklern auch einfach das Vokabular dafür gefehlt hat. Aber z.B. gibt es für eine große unsortierte Menge an Personen habe und man effizient eine Person nach Geburtsdatum wiederfinden möchte dann bauen die sich ein zweites Array auf, welches nach Geburtsdatum sortiert wird und in dem der Index des Elements in dem anderen Array gespeichert wird. Nach dem Prinzip könnte man sich sogar etwas wie eine Hashmap implementieren. Zumindest mit einer einfachen Hash-Funktion, für diesen einen Anwendungsfall. Das lohnt sich durchaus das zu erwähnen, dass man Möglichkeiten hat. Man muss sich halt Gedanken machen wo das wirklich nötig ist, weil man große Datenmengen hat und man muss natürlich die Algorithmen soweit kennen, dass man sie implementieren kann. Aber das ist durchaus ein sehr interessantes Feature, um effizient auf Sachen zugreifen zu können. Man kann sich natürlich alles – wie ein Set oder eine verkettete Liste – in diesen fixen Datenstrukturen basteln. Und das wird auch manchmal gemacht. Aber ist in der Regel nicht so brennend. Das ist wichtig zu wissen.

Ansonsten, der Ablauf, das ist jetzt wieder etwas was über COBOL an sich hinaus geht und von der Umgebung kommt. Viele Systeme arbeiten mit einem Pipeline-Mechanismus. Man liest eine Datei, macht irgendetwas mit den Sätzen und zwar einzeln, da natürlich nicht alle in den Speicher passen, und schreibe diese wieder raus. Dann läuft z.B. auf Betriebssystemebene in der Job-Kette ein Sortierprozess der die Daten wieder anders sortiert und dann läuft der nächste der dann vielleicht eine Summenbildung darauf macht. Gerade mit limitierten Speicherressourcen ist das ein sinnvolles Vorgehen und Großrechner sind auch brutal effizient was IO angeht. Trotzdem lohnt es sich manchmal zu hinterfragen was genau das gewünschte Ergebnis ist. Manchmal ist es nämlich noch sinnvoller auf den Ursprungsdaten zu arbeiten und vielleicht einfach eine größere Datenstruktur vorzuhalten, damit man das gleich in einem Programm machen kann statt in drei. In Summe sind diese Job-Netze nämlich doch ganz schön teuer. Jedes einzelne Programm geht. Diese schubsen gigantisch Daten durch die Gegend und

eigentlich interessiert sie nur ein ganz kleiner Ausschnitt. Oder wenn ich Daten in einer relationellen Datenbank habe habe ich natürlich auch schon Möglichkeiten mir Sachen gezielt geben zu lassen.

Man hat die Möglichkeit mit dem EXEC Befehl quasi einen Präprozessor aufzurufen der dann bestimmte Sachen einbindet. In der Regel wird das für EXEC SQL gemacht, es gibt aber auch noch EXEC CICS. Das ist auch so eine Mainframe Sache. Das ist quasi ein Transaktionsmonitor der letztendlich etwas ähnliches macht wie ein Application-Server oder Webcontainer macht. Er nimmt also quasi Serviceaufrufe oder beim Host auch so Terminal-Masken aufrufe entgegen und kümmert sich darum, dass eine Datenbanktransaktion geöffnet wird und das richtige Programm aufgerufen wird. Überlegt sich wie viele parallele Instanzen laufen können und am Ende räumt dieser auch wieder auf. Da gibt es dann manchmal die Notwendigkeit sich in einem Programm Daten davon zu holen und dafür wird dann eine EXEC CICS gemacht, damit der Präprozessor dort Code eingeneriert. In eine EXEC SQL kann man tatsächlich dann SQL hineinschreiben. Das wird in der Regel in den COBOL-Programmen statisch gebunden. Das heißt es ist dann eher unüblich, dass man sich dort mit einem String sein SQL-Statement zusammenbaut. Das sollte wie in Java mit einem Prepared-Statement eigentlich fix sein und man setzt dann einfach Parameter ein.

### **Antonio Grieco**

*Das geht dann aber?*

### **Jonathan Streit**

Ja, sonst würde das ja gar keinen Sinn ergeben. Man kann mit einem Doppelpunkt Variablen des Programms einsetzen und in der Regel holt man sich dann immer einzelne result-Zeilen. Das macht man quasi in einem fetch und dann holt man sich eine Zeile in die Variablen rein. Das schöne daran ist, dass man im Gegensatz zu Java, wie in C# so language-integrated-queries hat. Das ist echt ganz nett. So kann man bereits zur compile-Zeit überprüfen ob es gültiges SQL ist. Da könnte man jetzt viel zum Datenbankzugriff sagen, aber das ist glaub ich zu viel.

### **Antonio Grieco**

*Dieser EXEC Aufruf steht dabei dann wo genau? Am Anfang des Programms?*

**Jonathan Streit**

Nein, der steht einfach im Ausführbaren Code.

Dateizugriffe kann man auch direkt bewerkstelligen. Da muss man sich dann oben bei den Daten quasi ein bestimmtes File-Muster definieren, also wie die einzelnen Records in einem File aussehen und kann dann Dateioperationen machen.

DISPLAY ist quasi die Konsolenausgabe. Das wird auch zum Logging benutzt. Da denkt natürlich der Java-Programmierer an ein log4j oder ähnliches.

Was auch noch wichtig ist bei den Daten ist, dass es zwei Bereiche in der "DATA DIVISION" gibt. Das sind die "WORKING STORAGE SECTION" und die "LOCAL STORAGE SECTION". Die "WORKING STORAGE SECTION" bleibt zwischen mehreren Programmaufrufen erhalten. Da habe ich auch Möglichkeiten mein Programm am Anfang zum Beispiel mit einer bestimmten Suchstruktur zu initialisieren und dann später z.B. mit einem anderen Funktionscode etwas darin suchen. Die "LOCAL STORAGE SECTION" wird bei jedem Programmaufruf neu gemacht. Der Unterschied ist glaube ich vielen COBOL-Programmierern auch nicht so bewusst, obwohl relativ interessant und wichtig. Meistens benutzen diese die "WORKING STORAGE SECTION". Dann gibt es noch die "LINKAGE SECTION". Darin wird definiert, was man als Parameter von dem aufrufenden Programm erwartet. Darin wird kein Speicher alloziert sondern definiert wie Parameter aussehen die man als Pointer übergeben bekommt.

Was natürlich so ein Muster ist in COBOL, die Programmnamen haben in der Regel sowieso nur 8 Zeichen, dass Variablennamen, dadurch, dass versucht wird diese auch global eindeutig zu halten und diese auch nur 30 oder 32 Zeichen lang sein dürfen, oftmals ganz schön kryptisch. Man hat im klassischen COBOL ja auch nur die Spalten 8-72 zur Verfügung. Das heißt, wenn man mit langen Variablennamen arbeitet muss man auch oft die Zeilen umbrechen. Da scheuen sich viele Leute davor und deshalb sind die Namen relativ kryptisch. Um so wichtiger ist es deshalb dort in einem Kommentar kenntlich zu machen was gemeint ist. Ich würde auch empfehlen wenn man jetzt modern COBOL programmiert eher lange Namen zu verwenden. Aus denen man etwas herauslesen kann. Wir arbeiten ja in der Regel nicht mehr mit einem Editor der in einem Terminal-Emulator läuft und haben dann auch bessere Möglichkeiten Zeilenumbrüche zu spendieren. Da kommt natürlich ein großer Teil dieser Unlesbarkeit von COBOL-Code her, weil Variablennamen einfach übermäßig abgekürzt werden. Möglichst sprechende Namen zu verwenden, ist das eine. Sich an Schemata zu halten bzw. diese zu verstehen ist natürlich das andere. Initial haben sich die Leute in der Regel natürlich schon Gedanken gemacht wie man Namensmuster wählt. Man kann das natürlich auch weitertreiben mit diesen "lokalen Variablen". Was COBOL Programmierer oft nicht auf dem Schirm haben, was aber finde ich sehr wichtig ist, ist zumindest in Kommentaren klar zu machen, welchen Gültigkeitsbereich Variablen haben und wie der Zustandsraum in dem Programm aussieht. Das ist einfach sehr schwer im Nachhinein zu verstehen, ob eine Variable nun eine Semantik von A nach B transportiert oder ob sie einfach nur frisch verwendet wird. Das ist definitiv eine Sache, wo man sehr viel verständlicheren Code



schreiben kann, wenn man das einfach klar macht. Sei es durch einen Kommentar oder durch die Namensgebung.

Ansonten, wenn wir schon bei Kommentaren sind: Ein Muster, welches man in alten COBOL-Programmen oft findet sind Relikte aus der Zeit bevor es Versionsverwaltungsprogramme gab. Das heißt ich habe diese Spalten 73-80 für irgendwelchen Inhalt und viele schreiben dort das letzte Änderungsdatum, -kürzel oder z.B. eine Ticketnummer hinein. Das ist jedoch natürlich eine Versionsverwaltung für Arme. Eigentlich sollte man natürlich versuchen eine moderne Versionsverwaltung darunterzulegen und diese Sachen hinten komplett leere. Diese sind zum Vergleichen nämlich fürchterlich. Die muss man eigentlich wegschneiden, sonst erhält man natürlich jede Menge diffs. Es ist wichtig zu verstehen, wieso diese mal da waren, aber eigentlich ist es nicht mehr zeitgemäß es so zu machen und man kann natürlich daraus auch keine alten Versionen wiederherstellen. Manchmal werden dann dort gelöschte Zeilen auskommentiert, damit man noch sieht, dass die dort war, aber das ist natürlich nicht sinnvoll. Genau so wie man oft vorne im Kopf des Programms noch die komplette Versionshistorie aller Änderungen hat. Das ist natürlich Unfug und Balast. Und da sind sie teilweise sehr sorgfältig, dass ein elaborierter Programmkopf hineinkopiert wird wo Angaben zu Gott und die Welt drinstehen und in welcher Umgebung das Programm läuft. Andere Sache wie die Beutung eines Indexes sind dann dort nicht drin. Da muss man einfach schauen, dass man sich von diesem Blabla trennt und nur Sachen dokumentiert, die man in einer modernen Sprache mit modernen Sprachmitteln übersichtlich abbilden oder kapseln könnte und dort nicht. Das man zum Beispiel sagt “Diese Variable wird nur in dieser SECTION geändert. Ich würde sie gerne lokal oder private machen, aber das geht nicht. Aber sie ist als solche zu interpretieren.”

Der 88-Level. Bei diesen Leveldeklarationen habe ich neben 66, 77 auch die 88 als besondere Nummern. 66 und 77 sind im Prinzip etwas wie eine 01. Das 88 Level ist quasi ein Enum für Arme. Wenn man zum Beispiel unter “01 VAR PIC X” eine “88 OK VALUE 'o' ”. Jetzt ist diese OK Variable quasi eine boolsche Variable, die genau dann true ist, wenn in VAR ein ‘o’ drinsteht. Wenn das ein eindeutiger Wert ist kann ich aber auch zum Beispiel diese auf true setzen und so den Wert von VAR setzen. Das wird schon immer wieder verwendet und im Prinzip ist die Intention dahinter die gleiche wie bei einem Enum. Man sagt, es gibt bestimmte Ausprägungen die das annehmen kann. Natürlich wird man nicht daran gehindert in die Variable andere Werte zu schreiben. Das andere Problem ist, dass das natürlich, sofern es nicht in einem COPY steht, nur an einer Stelle verwendbar ist. Das führt natürlich dazu, dass ich das an vielen Stellen um System definiert habe und vergesse zu aktualisieren...Eigentlich ist es jedoch eine schöne Möglichkeit. Das würde ich auch tatsächlich empfehlen intensiv zu nutzen, für Sachen wo man eigentlich ein Enum verwenden würde.

### **Antonio Grieco**

*Wäre es dann best-practice diese 88 auf TRUE und FALSE zu setzen oder direkt die Werte zu setzen?*

## **Jonathan Streit**

Wenn man die 88 Deklarationen schon hat, dann sollte man diese nach Möglichkeit auch zum Setzen nutzen. Auch hier kann man sich Überlegen einen Präfix zu spendieren, um kenntlich zu machen, dass diese zusammengehören. Sonst wundert man sich wieder warum dort irgendwelche Werte darinstehen. Aber eigentlich ist es ein schönes Feature, welches nur darunter leidet, dass man es nicht so einfach replizieren kann. Und es dokumentiert natürlich auch wieder durch den Namen ein wenig was genau darin passiert. Das ist auch ein riesen Problem beim Lesen von COBL-Programmen, dass wenn sowas drinsteht wie “IF VAR='n' ”, auch wenn man sich vielleicht bei n noch vorstellen kann was gemeint ist, ist es einfach schwierig zu verstehen. Und solche Status-Flags steuern dann massiv den Programmfluss, werden irgendwo umgesetzt und dann wird es sehr schwer. Das ist wirklich eine der größten Schwierigkeiten bei alten COBOL-Programmen, durch diese Literalwerte durchzublicken. Und diese 88 Level lassen sich natürlich auch viel leichter in der Wartung anpassen. Dort sollte man aus meiner Sicht viel Sorgfalt investieren, entweder durch 88-Level und einen Präfix oder zumindest, indem man das bei einer Variable richtig dokumentiert. Die 88-Level lassen sich sogar mit mehreren Werten definieren. Für Leute aus der Java-Welt ist der Enum ein etabliertes Konzept und zumindest gedanklich sollte man mitnehmen, dass man bei einer Variable wissen möchte, was ein Wert genau bedeutet.

Was man in COBOL leider nicht machen kann ist Konstanten deklarieren. Jede Variable ist jedoch immer änderbar. Was man natürlich machen kann ist bei der Deklaration mit der VALUE-Clause einen Wert zuweisen und per Konvention festlegen, dass diese Variable nicht verändert werden darf. Oder noch besser auch wieder einen Namens-Präfix zu verwenden der das kenntlich macht. Namensschemata und Präfixe sind sehr wichtig! Und es ist natürlich für die Wartung ein großer Vorteil. Vielleicht packe ich mir das sogar noch in ein COPY-Element. Der Nachteil an dieser Stelle ist, dass diese Variable trotzdem Speicher in Anspruch nimmt. Ich denke aber, dass der Tradeoff in heutigen Zeiten eindeutig zugunsten dieser Konstanten ausfällt. Das wird traditionell eher selten gemacht, ich finde jedoch, dass das etwas ist, was man definitiv aus der Java-Welt mitnehmen sollte. Dass man zumindest pseudo-Konstanten definiert und sich Namenspräfixe dafür überlegt.

Wiederverwendung ist wie gesagt ein Thema das man sich an der ein oder anderen Stelle anschauen kann. Und auch von dieser moverei wegkommen und einfach Programmaufrufe mit den Sachen machen die ich tatsächlich habe und tatsächlich übergeben will. Funktionen gibt es eben bis auf ganz wenige eingebaute nicht. Das heißt ich habe immer das Muster, dass ich in Variablen ein Ergebnis reinschreiben. Auch da ist es natürlich ein gutes Muster Präfixe zu verwenden, sodass man erkennt, dass ein Wert das Ergebnis einer bestimmten SECTION ist.

Das war es eigentlich. Wichtig ist finde ich, dass bei deiner Arbeit dieser Vergleichende Charakter rüberkommt. Und bevor man in die Detailsemantik von einem PERFORM mit Schleife oder einem EVALUATE einsteigt zu sagen, das EVALUATE entspricht im Grunde einem switch. Es hat noch eine ganze Reihe interessanter Spielarten und kurz aufzählen, welche das sind. Und dann aber “Für Details siehe ...” anzuführen. Das reicht.

Wichtiger ist mir da tatsächlich diese Gegenüberstellung und dann eben so Themen wie “Konstanten” oder “Kapselung” transportieren.

Objektorientierung ist natürlich auch ein Thema. Es gibt erstmal in normalen COBOL keine objektorientierung. Das eine Problem daran ist natürlich, dass die Kapselung fehlt. Das kann man zumindest ein bisschen angehen. Das andere ist, dass man keine generischen Operationen definieren kann. Das kann ich in COBOL nicht sinnvoll angehen, dieses Problem. Das dritte ist dann natürlich etwas wie Polymorphie, was natürlich direkt auch nicht machen kann. Was man damit jedoch bezweckt kann man oft dann doch abbilden indem man zum Beispiel eine Variable hat die mir sagt welche Variante ich will. Also angenommen man hat eine Funktion die eine Reihe von Werten aufsummieren und eine Reihe von tollen Rechenoperationen darauf ausführen kann. In Java könnte man diese für den Bruttoverdienst, den Nettoverdienst oder den Krankenkassenbeitrag verwenden. Geht in COBOL natürlich nicht. Aber ich könnte in COBOL ein Flag setzen, welches angibt welchen Wert man summieren möchte. Dann habe ich meine Logik und an einer ganz klar gekapselten Stelle vielleicht sogar in einer eigenen SECTION, welchen Wert hat denn jetzt dieses Flag und abhängig davon mache ich verschiedene Sachen. Das ist natürlich Polymorphie für Arme, aber es trägt einen doch erstaunlich weit, wenn man das diszipliniert macht. Dabei ist es auch wieder gut wenn man aus der modernen Welt kommt und sagt: “Eigentlich würde ich jetzt hier Polimorphie einsetzen, aber nachdem ich das nicht habe mache ich das zumindest so und mache das sehr stringent.” Man sagt also ganz klar, dass eine Variable nur den Zweck hat diese Steuerung zu machen und der generische Code kümmert sich nicht darum, was dort in den Einzelfällen drin ist. Dann gewinnt man dort auch schon wieder einiges an Möglichkeiten.

Nebenläufigkeit habe ich als solche in COBOL nicht drin. In der Regel bietet das Betriebssystem oder der Transaktionsmonitor die Möglichkeit, dass mehrere Prozesse parallel laufen. Diese wissen jedoch nichts voneinander und müssen sich dann wieder zurechtfinden wenn sie auf gemeinsame Ressourcen wie eine Datenbank zugreifen. Dort gibt es jedoch dann die bekannten Mechanismen. Theoretisch gibt es die Möglichkeit sich gemeinsamen Speicherbereich übers Betriebssystemen anzulegen. Ich habe schon mal solche Sachen gesehen, es ist jedoch sehr unüblich und auch sehr problematisch, weil man keinerlei vernünftige Synchronisationsmöglichkeit habe. Also in der Regel kann man immer davon ausgehen, dass ein COBOL-Programm immer Sequenziell ist. Ich kann auch keine Threads aufmachen. Es gibt auch keine Exceptions.

## **Antonio Grieco**

*Wie funktioniert Fehlerbehandlung dann in COBOL?*

**Jonathan Streit**

Es gibt ein paar Fehler die tatsächlich zum Abbruch führen. Also zum Beispiel eine Division durch 0 oder wenn man eine Variable nicht auf IS NUMERIC prüft und versucht den Inhalt als Zahl zu interpretieren. In der Regel geht dir dann der ganze Prozess auf die Bretter. Also man hat wirklich einen harten Abbruch. Einen Segmentation-Fault oder so. Man hat glaube ich die Möglichkeit in einem COBOL-Programm für bestimmte Sachen Error-Handler zu definieren, aber das ist eher unüblich. Aber es gibt diese Möglichkeit. Ich habe die nur so selten gesehen, dass ich die Semantik auch nicht kenne. Ansonsten läuft alles immer über Return-Codes mit den zugehörigen Problemen. Auch da kann man sich aber Mechanismen überlegen. Was dabei zum Beispiel teilweise gemacht wird ist, dass Programmaufrufe in einer eigenen SECTION gekapselt werden. In dieser können dann die Parameterlisten etc. untergebracht werden und zum Beispiel eine Return-Code Abfrage passieren. Also zum Beispiel wenn der Return-Code fehlerhaft ist, dann setze selbst einen und mache ein STOP RUN. Diese Grundidee von Exceptions, dass man quasi den Fehlerkontrollfluß vom normalen Kontrollfluß trenne kann ich damit zumindest auch so nachbauen, dass ich dort sehr klar bin und sage, ich prüfe nicht erst irgendwann drei SECTIONS später meinen Return-Code sondern genau dort wo er relevant ist. Aber dort ist man tatsächlich wie in C unterwegs.

Zeichenketten haben natürlich auch immer eine feste Länge und sind immer hinten mit Spaces aufgefüllt. Also genau, Standardinitialisierung ist immer 0 bzw. Spaces. Es gibt auch so ein INITIALIZE Statement mit dem man das zurücksetzen kann. Es wird ein bisschen tricky wenn man so geschachtelte Strukturen hat. Welcher Wert dann bei einem INITIALIZE darin landet. Und das kann auch sehr teuer in der Laufzeit sein. Es gibt dann auch bei den String-Operationen Möglichkeiten herauszufinden wie lange sie tatsächlich sind. Aber das ist so ein bisschen unüblich. Und man hat auch keine NULL-Semantik. Häufig würde man dann Space benutzen als nicht gesetzt.

## **A.3. Thomas Lamperstorfer**

**Thomas Lamperstorfer**

Also was du wissen solltest, bevor du in die COBOL-Welt hinaus gehst ist, wie man ein COBOL-Programm startet. Man hat einen virtuellen Host und dieser kann Jobs aufrufen. Diese Jobs sind quasi die Art wie ein großes COBOL strukturiert wird. Diese Sprache in der das definiert wird nennt sich JCL. Und in JCL gliedert das ganze wiederum in kleineren JCLs. Das heißt man hat da die Möglichkeit sehr strukturiert zu entwickeln. In JCL macht man alles mit Steps. Diese wiederum rufen dann die eigentlichen COBOL-Programme auf. So funktioniert das. Und abhängig von dem was ein Programm zurückgibt wird ein anderes ausgeführt. Es ist typischerweise also nicht einen einzelnen Einstiegspunkt ab dem ein Programm durchläuft sonder eine schrittweise Verarbeitung. Für einen Job hat man also Conditions die entscheiden ob er ausgeführt

wird und man hat Dateidefinitionen für Ein- und Ausgabedateien. Das heißt nach einem Step ist der Speicher immer leer. Das ganze nennt sich EVA-Prinzip. Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe. So handelt man sich praktisch durch. Eine Programmausgabe bei uns hat manchmal so 20.000 Zeilen also das wird dann auch lange.

Im Log sieht man dann die ganzen Ausgaben und sieht die Steps die ausgeführt wurden. Dann hat man noch ein SYSPRINT mit dem man etwas ausgeben kann und ein SYSOUT mit denen im Programm etwas ausgegeben werden kann. DISPLAYs sind nämlich auch die Art wie ein COBOL-Programm gedebuggt wird.

### **Antonio Grieco**

*Du hast gesagt, dass Jobs abhängig der Ausgabe des vorherigen ausgeführt werden. Meinst du dann Dateien die ausgegeben werden oder Rückgabewerte? Wie muss ich mir das vorstellen?*

### **Thomas Lamperstorfer**

Du kannst in COBOL wie in Java oder C etwas aus der Main-Methode zurückliefern.

### **Antonio Grieco**

*Könntest du mir erklären wie das funktioniert? Ich habe das bisher in COBOL noch nicht gesehen.*

### **Thomas Lamperstorfer**

Man wird in eine Variable pushen. Welche das ist, ist eine gute Frage. Die können das auf jeden Fall zurückgeben. Lass uns mal nachschauen. Hier steht im pseudo-COBOL ein RETURNING, damit wird das gemacht.

### **Antonio Grieco**

*Also ihr entwickelt nicht direkt COBOL sondern in einem pseudo-Dialekt?*

## Thomas Lamperstorfer

Doch. Das was du hier siehst ist nur ein Wrapper um C#-Code aufzurufen.

COBOL ist keine Magie, aber am Anfang geht es wenn man sich hinsetzt und es durchdenkt.

Fehlermeldungen in COBOL sind eigentlich nicht vorhanden. Wenn etwas abstürzt dann bekommt man mit Glück noch einen komischen Condition-Code. Wenn etwas crasht muss man sich also an die Stelle rantasten, weil man keinen Stacktrace oder ähnliches hat.

Übersetzen: Was wir gemacht haben ist die Eingabe, die in COBOL typischerweise an Lochkarten orientiert ist. Das heißt man hat 80-Zeichen-Sätze. Ausgaben sind typischerweise Dateien. Es gibt auch dieses CICS-Zeug, damit kenn ich mich aber nicht aus. Man kann mit COBOL auch Masken machen. Wenn du in Möbelhäusern so Schwarze Masken siehst in denen man sich mit Tab durchklickt dann ist das oft COBOL. Ausgaben sind in der Regel Text, da Datenbanken damals nicht existiert haben.

Was wir hier als erstes Übersetzt haben war der Eingabeteil. Hier war ein Problem die Genauigkeit der Daten. Man hat zum Beispiel oft die explizite Prüfung auf SPACE oder NUMERIC, weil es ab und zu nicht der Fall ist, dass man nicht so genau zwischen SPACE, einer 0 oder einem tatsächlichen Wert unterscheidet. Review-Anmerkungen sind einfach oft: “Hast du dir überlegt, was passiert wenn dieses Feld wirklich leer ist?” Also wird es bei leer einfach übersprungen oder nicht und wie geh ich damit um. Also ich kann in COBOL ja ein Datenfeld haben das leer ist, was heißen kann, dass die Daten nicht gekommen sind oder dass das Feld nicht initialisiert wurde. In Java hat man einfach eine Variable die einen Wert hat. Was man hier teilweise hat ist, dass einfach SPACE im Zahlenfeld drinsteht. Was dann irgendwie eine Art null ist. Aber ein “Es-wurde-berührt-null”. Später wird dann geschaut “Wenn es berührt wurde aber immer noch leer ist, dann mach etwas anderes.”. Eine Sache bei der man also genau hinschauen muss ist, was sind die genauen Werte. Was langweilig ist, ist der normale Wertebereich der gültigen Werte. Wichtig ist was mit ungültigen Werten passiert oder wenn ein Feld nicht initialisiert wird oder die Verarbeitung beginnt, das Feld schon berührt ist, aber immer noch keinen gültigen Zustand hat. Einfach wie bilde ich sowas ab? In COBOL kannst du grundsätzlich erstmal alles in Felder hineinschreiben. Hier ist eine Beispielsvariable. Diese ist als PIC X definiert, also als Character. Als Kommentar steht da, X=Ja Init=SPACE. An einer anderen Stelle wird aber überprüft, ob in der Variable 1 oder 9 steht, was laut Kommentar keine gültigen Werte sind. Das heißt man hat die Variable in einem ungültigen Zustand und muss nun alle Wege durchgehen, um zu sehen ob die Variable in einen gültigen Zustand gebracht wird. Da haben wir auf jeden Fall viele Probleme.

Ein anderes großes Problem ist, dass die Programme sehr groß sind. Dieses hier hat zum Beispiel 16.000 LOC. Überall in diesem Programm werden Indizes verwendet. Um zu wissen was darin steht muss man jedoch den Überblick haben, woher man gerade

kommt. Das ist in den meisten Fällen straight-forward. Manchmal ist das jedoch nicht so und dann muss man wirklich genau hinsehen um Fehler zu finden. Allgemein muss man man also einfach mit globalen Variablen in jedem Ausführungsstrang aufpassen, dass Variablen wirklich so gesetzt sind, wie man denk, dass sie es sein sollten. Und alte Systeme haben viele Bugs. Da muss man dann im Kopf alle Ausführungsstränge durchdenken und sich überlegen wo was geschieht. Die Systeme sind einfach 50 Jahre als und wurden ständig gewartet. Selbst wenn es mal gut war, wurde es 47 Jahre gewartet und irgendwelche Sachen committed, hauptsächlich es geht. Dazu kommt, dass bestimmt auch mal Leute neu waren oder z.B. Zeitdruck war. Dementsprechend sind die Systeme voller Bugs.

Noch ein Punkt der fies ist: Wenn du auf einem neuen System arbeitest, hast du referenzielle Integrität und Datenbanken. In COBOL hast du meistens Textdateien. Das heißt es gibt keine Checks ob das was referenziert wird tatsächlich da ist. Das kann sich auch in der Zwischenzeit geändert haben. Damit muss man insbesondere in Fehlerfällen klarkommen. Man hat ein Batchsystem, das 100.000 Berechnungen durchführt und darf nicht einfach crashen. Also wie macht man sinnvoll weiter? Da muss man sich dann einfach überlegen.

Alte Systeme haben eine Duplikationsrate von ca. 60%. Wir haben da schon Tools die Variablennamen austauschen, aber wenn man zwei Programmteile nebeneinander legt sieht man diese permanente Wiederholung. Der Grund dafür ist einfach: Früher konnte man zwar auf den Host zum entwickeln, aber Ausführen und Testen war teuer. Das heißt wenn man wusste, dass Code funktioniert, hat man diesen kopiert und ein bisschen angepasst, sodass man möglichst wenig testen und wenig an den Host musste. Wenn man das verstanden hat weiß man auch wieso so viele Klone drin sind.

Was sehr wichtig ist, einmal alles zu verstehen. Wenn man mit Halbverständnis anfängt Code zu schreiben, dann bekommt man es nicht mehr hin.

### **Antonio Grieco**

*Wieso nimmt man da jetzt nicht Teile heraus und lagert diese in eigene Unterprogramme aus?*

### **Thomas Lamperstorfer**

Ein Refactoring ist einfach immer mit Risiko verbunden und man hat in COBOL keine Unit-Tests. Man hat Eingaben und Ausgaben. Das heißt man muss immer das gesamte System testen und ein Testlauf dauert ein paar Minuten. Außerdem gibt es nur einen Host, wenn man glück hat vielleicht zwei. Das heißt man muss auch schauen, dass man die Zeit bekommt irgendwas zu testen. Bei Java schreibt man ein paar Unit-Tests und dann passt schon. In COBOL ist das ganz anders. Das behindert natürlich massiv das

Thema Refactoring. Das wird zwar schon immer wieder gemacht, aber das ist dann eigentlich eher ein eigenes Projekt. Es ist nicht so, dass einfach mal schnell Sachen die ähnlich aussehen schnell refactored werden. Einfach weil man keine kleinen Teile absichern kann. Man müsste sich von dem großen Test alles heraussuchen, was die kleinen Teile abdeckt. Das ist anstrengend. Es ist einfach viel viel mehr Aufwand in COBOL etwas zu testen. Deshalb muss man auch sehr viel sauberer arbeiten. Das ist auf jeden Fall ein großer Unterschied. Und wir übersetzen hier 600.000 redundanzfreie LOC. Da sind also alle Klone schon raus.

Das Datenmodell in COBOL ist noch erwähnenswert. Es gibt COBOL-Dateien und COPYs. In den COPYs sind sozusagen Datenstrukturen definiert, die man immer wieder einbinden kann. Und man kann in COBOL REDEFINES machen und dabei den Datentyp ändern. Das ist allerdings so ein bisschen wie in JavaScript. Typischer ist etwas anderes. So sind in COBOL-Daten definiert.

Was auch noch öfter daneben geht ist sind Zugriffe auf Arrays. Man hat einen Max-Pointer, der dafür sorgt, dass man nicht zu weit schreibt und einen Use-Pointer, der das aktuelle Element angibt. Dabei kann man natürlich jede Menge Fehler machen, wenn der Arrayindex nicht gepflegt wird. Die Idee ist quasi, dass es immer wächst und wieder kleiner wird. Es kann aber auch sein, dass da Löcher drin sind. Bei diesen Tabellen ist also immer die Frage was steht da genau drin.

Es gibt tatsächlich sehr wenig Befehle. Was es noch gibt ist das MOVE CORRESPONDING. Dadurch das das Datenmodell in COBOL ein Baum ist, lässt sich damit alles kopieren was einen bestimmten Namen hat. Das ist ab und zu sehr praktisch aber natürlich ultimativ hacky, funktioniert auch bei Tabellen nicht und ist sehr fehleranfällig.