

Programmierkonzepte in der Physikalischen Chemie

28. Datenverarbeitung und -Analyse in der PC

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



**UNI
FREIBURG**

Dr. Till Biskup

Institut für Physikalische Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Wintersemester 2016/17



Zentrale Aspekte



- 🔑 Daten sind die Grundlage der empirischen Wissenschaften. Sie sollten Jahrzehnte überdauern.
- 🔑 Datenverarbeitung sollte der Wissenschaftlichkeit, insbesondere der Nachvollziehbarkeit, genügen.
- 🔑 Wissenschaftliche Datenverarbeitung sollte systematisch erfolgen und jeder einzelne Schritt dokumentiert werden.
- 🔑 Ein System zur Datenverarbeitung muss einfach nutzbar sein und klare Vorteile bieten, um genutzt zu werden.
- 🔑 Ein System zur Datenauswertung ist viel umfassender als einzelne Programme zur Datenanalyse.

Grobgliederung der Vorlesung „Programmierkonzepte“

- 1 Motivation
 - 2 Infrastruktur
 - 3 Code
 - 4 Architektur
 - 5 **Datenauswertung in der PC**
- ☛ Bislang ging es um Programmieraspekte und damit hauptsächlich um technische Voraussetzungen.
 - ☛ Jetzt steht die Anwendung im Rahmen der wissenschaftlichen Datenauswertung im Fokus.

Datenverarbeitung, die wissenschaftlichen Kriterien genügt

Gründe für ein System zur Datenverarbeitung

Aspekte eines Systems zur Datenverarbeitung

Ansprüche an ein System zur Datenverarbeitung

Was ist Wissenschaft?

Eine Wiederholung – und (immer noch) keine formale Antwort

“ *If I have seen further
it is by standing on y^e shoulders of giants.*

– Sir Isaac Newton

Was ist der Kern von Wissenschaft?

- ▶ Erkenntnisgewinn
- ▶ Unabhängigkeit vom Betrachter/Experimentator
- ▶ gegründet auf den Erkenntnissen früherer Generationen
- ▶ überprüfbar, nachvollziehbar, ggf. reproduzierbar

- ☛ Wissenschaftler tragen Verantwortung gegenüber denen, die auf den gewonnenen Erkenntnissen aufbauen.

Sir Isaac Newton: Brief an Robert Hooke, 5. Februar 1676

Empirische Wissenschaften

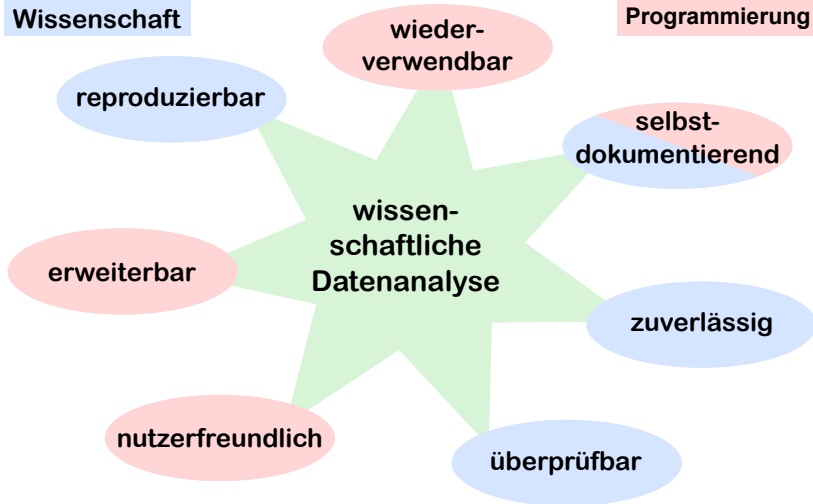
- ▶ Interpretationen ändern sich, Daten sollten Bestand haben.
- ▶ Voraussetzung: Daten nach bestem Wissen und Gewissen akkurat aufgenommen (und dokumentiert)
- ☛ Nachvollziehbarkeit und saubere Dokumentation sind wesentliche Aspekte von Wissenschaftlichkeit.

These

Datenauswertung, die nicht vollständig dokumentiert und nachvollziehbar ist, ist letztlich unwissenschaftlich.

Wissenschaft

Programmierung



Anforderungen aus wissenschaftlicher Sicht

- ▶ selbstdokumentierend
 - Alle Parameter sollten automatisch mitgeschrieben werden.
 - Voraussetzung für vollständige Dokumentation
- ▶ zuverlässig
 - Auswertungen sind die Grundlage des Erkenntnisgewinns.
 - Korrektheit lässt sich u.a. durch (Unit-)Tests sicherstellen.
- ▶ überprüfbar
 - Wissenschaft lebt vom Vielaugenprinzip.
 - Unabhängige Überprüfbarkeit ist essentiell.
- ▶ reproduzierbar
 - Auswertungen sollten (unabhängig) wiederholbar sein.
 - setzt Versionsverwaltung und Versionsnummern voraus

Anforderungen aus Programmiersicht

- ▶ **wiederverwendbar**
 - Ökonomie: nicht das Rad immer wieder neu erfinden
 - setzt saubere Dokumentation und lesbaren Code voraus
- ▶ **selbstdokumentierend**
 - Code sollte so ausdrucksstark wie möglich sein.
 - setzt treffende und gut gewählte Abstraktionen voraus
- ▶ **nutzerfreundlich**
 - Voraussetzung für die Nutzung eines Systems
 - Robustheit, Nähe zum Nutzer, Flexibilität
- ▶ **erweiterbar**
 - Anforderungen entwickeln sich mit dem Verständnis.
 - Neue Funktionalität sollte einfach implementierbar sein.

Eine doppelte Verantwortung

- ▶ Daten sind die Grundlage empirischer Wissenschaften.
 - Ausgangspunkt jeglichen Erkenntnisgewinns
 - unabhängig ihrer Herkunft (Messungen, Rechnungen)
 - Datenaufnahme immer nach bestem Wissen und Gewissen
 - Daten ohne zugehörige Informationen sind wertlos.
- ▶ Gewinnung von Daten ist in der Regel teuer.
 - unabhängig ihrer Herkunft (Messungen, Rechnungen)
 - oft teure Aufbauten und kostspielige Messungen
 - Rechnungen oft mit erheblichem Zeitbedarf
 - Personalkosten sind häufig auch nicht vernachlässigbar.
- ☛ Verantwortung sowohl gegenüber der Wissenschaft als auch gegenüber dem Steuerzahler

- ▶ Kriterien für Wissenschaftlichkeit
 - vollständige Dokumentation
 - Zuverlässigkeit
 - Überprüfbarkeit
 - Nachvollziehbarkeit

- ▶ lässt sich nur durch systematisches Vorgehen erreichen
 - Frage der persönlichen Einstellung und Arbeitsweise
 - nicht (zwingend) in einer komplexen Software abbildbar
 - besteht aus vielen einzelnen Aspekten und Komponenten
 - beginnt mit der Datenaufnahme und endet bei der Reproduzierbarkeit von Abbildungen aus den Rohdaten

- ☞ Ein System zur Datenauswertung ist viel umfassender als einzelne Programme zur Datenanalyse.

- ▶ Datenverarbeitung beginnt mit der Datenaufnahme.
 - Daten ohne Zusatzinformationen (Metadaten) sind wertlos.
 - möglichst vollständige Dokumentation der Bedingungen
- ▶ Rohdaten sollten sauber und dauerhaft archiviert werden.
 - (von anderen) nachvollziehbares Ablagesystem
 - standardisierte, dokumentierte Formate
 - Zielstellung: Archivierung über Jahrzehnte
- ▶ Datenverarbeitung erfordert ein systematisches Vorgehen.
 - dokumentiert, nachvollziehbar, überprüfbar, reproduzierbar
 - Reproduzierbarkeit erfordert hinreichende Dokumentation und Archivierung von Daten und verwendeten Routinen.
- ▶ Repräsentationen sollten automatisch reproduzierbar sein.
 - Eineindeutigkeit in beide Richtungen gewährleisten.

- ▶ eindeutige Kennzeichnung aller Proben
 - einfachste Variante: durchnummerieren
 - in der Synthese guter Standard (meist mit Namenskürzel)
- ▶ vollständiger Satz von Metadaten zu einer Messung
 - vollständige Beschreibung der Messapparatur
 - formalisierte Dokumentation aller wichtigen Messparameter
- ▶ vollständiger Parametersatz jedes Verarbeitungsschritts
 - muss (automatische) Reproduzierbarkeit gewährleisten
 - vollständige Historie zu jedem Datensatz
- ▶ systematische Ablage von Daten und Ergebnissen
 - Rohdaten, abgeleitete Daten, Metadaten, Repräsentationen
 - modulare, erweiterbare Verzeichnisstruktur
 - Konventionen für Dateinamen mit konsistenter Verwendung

- ▶ **Datenformate: Beständigkeit und Plattformunabhängigkeit**
 - Ziel: Archivierung und Lesbarkeit über Jahrzehnte
 - Beispiele für offene, (selbst-)dokumentierte Formate
- ▶ **Datenaufnahme: Metadaten**
 - Das verfügbare Wissen ist während der Messung maximal.
 - Ziel: formalisiertes, möglichst vollständiges Laborbuch
- ▶ **Datenverarbeitung und -Analyse: selbstdokumentierend**
 - vollständiger Parametersatz zu jedem Verarbeitungsschritt
 - System zur automatischen Generierung einer Historie
- ▶ **Datenpräsentation: Abbildungs- und Reportgenerierung**
 - automatisierte Abbildungserstellung aus Datensätzen
 - Report: Dokumentation der Verarbeitung und Auswertung und Präsentation der Charakteristika eines Datensatzes

- ▶ Ansprüche stellen den Anwender in den Fokus.
 - Kriterien der Wissenschaftlichkeit bereits behandelt

zwei Ansprüche aus Sicht der Anwender

- ▶ hinreichend einfach nutzbar
 - möglichst niedrige Eintrittsschwelle
 - gute Dokumentation inkl. praxisnaher Beispiele
 - intuitive Bedienung dank guter Abstraktionen
 - flexibel erweiterbar und auf Bedürfnisse anpassbar
- ▶ offensichtliche Vorteile bei Verwendung des Systems
 - anderweitig nur mit erheblichem Aufwand erreichbar
 - korreliert mit (externen, durchgesetzten) Anforderungen: je höher die Anforderungen, desto größer der Nutzen

- ▶ zwei Arten von Komplexität (nach Fred Brooks)
 - unvermeidliche Komplexität (*essential complexity*)
 - vermeidbare Komplexität (*accidental complexity*)

- ▶ Wissenschaftliche Datenverarbeitung ist inhärent komplex.
 - Entsprechendes Hintergrundwissen ist eine Voraussetzung.
 - Viele Anforderungen sind unvorhersehbar.
 - Flexibilität ist wesentlich für die Nutzbarkeit.

- ▶ Das System ist für den Nutzer da – *nicht* umgekehrt.
 - Nutzerbedürfnisse möglichst genau analysieren
 - wichtig: treffende Abstraktionen (*domain-driven design*)
 - Prinzip der „geringsten Überraschung“

- ☞ Nur ein möglichst einfach nutzbares System, das offensichtliche Vorteile bietet, wird auch genutzt werden.

- ▶ Ein System, das alle Kriterien erfüllt, ist komplex.
 - lässt sich nicht „schnell mal nebenher“ entwickeln
 - Viele Einzelaspekte sind einfach umsetzbar.
 - Entscheidend ist das Bewusstsein für einzelne Aspekte und die Existenz einfacher, bewährter Lösungen.

- ▶ „Köder“: Automatisierung und Vereinfachung von Abläufen
 - appelliert an die menschliche Faulheit
 - Automatisierung sorgt für Konsistenz.

- ▶ Entscheidend sind die (extern) gestellten Anforderungen.
 - Nur wenn Wissenschaftlichkeit real eingefordert wird, ergibt sich ein Vorteil aus der Verwendung des Systems.

- ☞ Nur eine konsequente Nutzung liefert reale Vorteile.
Entsprechend prominent sollten sie beworben werden.



Zentrale Aspekte



- 🔑 Daten sind die Grundlage der empirischen Wissenschaften. Sie sollten Jahrzehnte überdauern.
- 🔑 Datenverarbeitung sollte der Wissenschaftlichkeit, insbesondere der Nachvollziehbarkeit, genügen.
- 🔑 Wissenschaftliche Datenverarbeitung sollte systematisch erfolgen und jeder einzelne Schritt dokumentiert werden.
- 🔑 Ein System zur Datenverarbeitung muss einfach nutzbar sein und klare Vorteile bieten, um genutzt zu werden.
- 🔑 Ein System zur Datenauswertung ist viel umfassender als einzelne Programme zur Datenanalyse.