Programmierkonzepte in der Physikalischen Chemie

7. Grafische Nutzerschnittstellen (GUIs)

UNI FREIBURG

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Dr. Till Biskup

Institut für Physikalische Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Wintersemester 2013/14

Übersicht

UNI FREIBURG

Besonderheiten von GUIs

Bausteine von GUIs

- Übersicht über grundlegende Bausteine
- Eigenschaften

Allgemeines zur GUI-Entwicklung

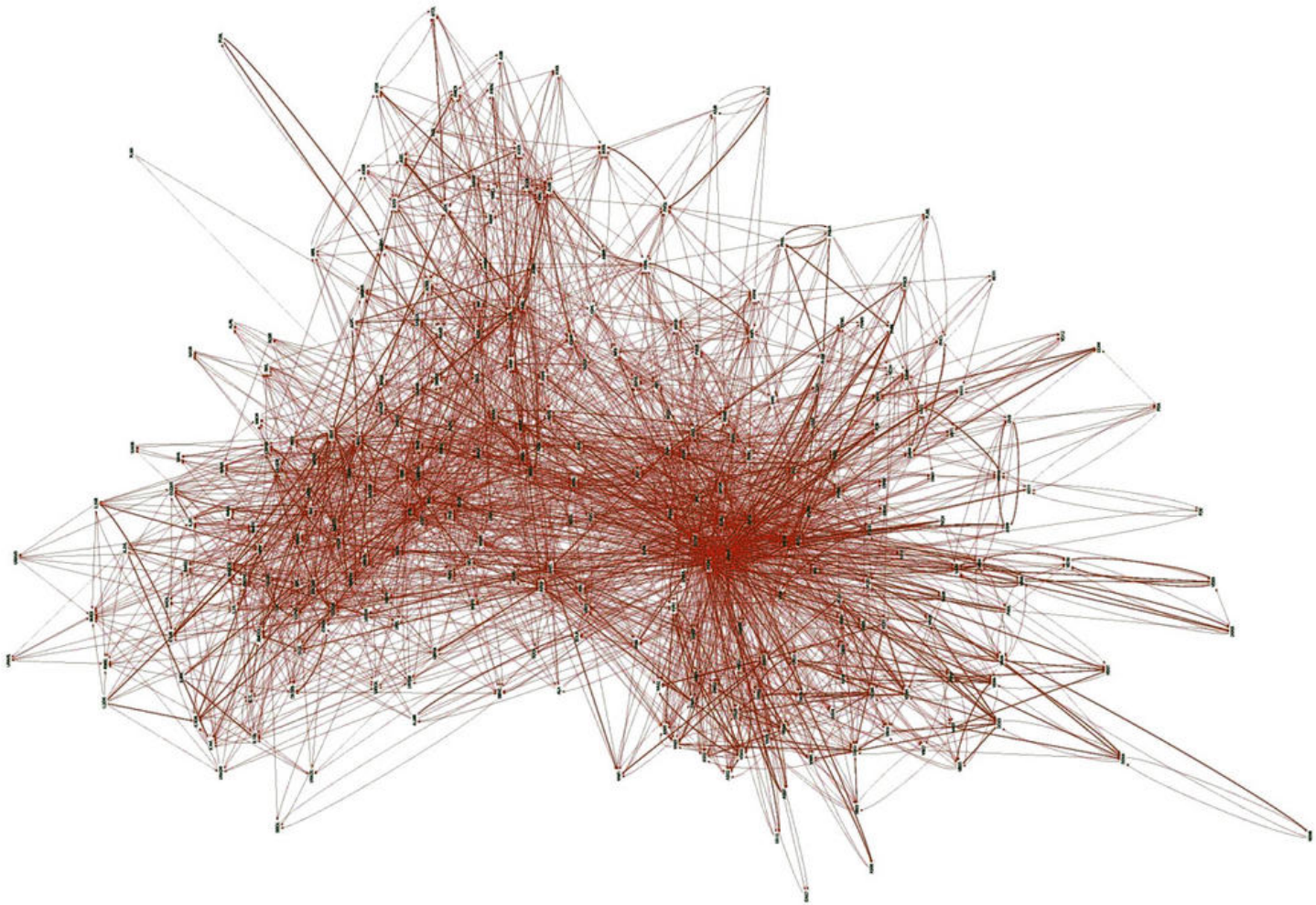
- Grundkonzepte und „Best Practices“
- Designentscheidungen
- Allgemeiner Entwicklungszyklus einer GUI

GUI-Entwicklung in Matlab

- Grundsätzliches Herangehen
- Besonderheiten von Matlab
- Hilfreiche Konzepte

Besonderheiten von GUIs

Nicht linear und nicht vorhersagbar



Brain connectivity map of *C. elegans*

Textbasierte Nutzerschnittstelle (CLI)

- Menüs und Nutzereingaben in einer Textkonsole
- Vollständig deterministisch (bis auf Nutzereingaben)
- Linear: immer nur eine Entscheidungsmöglichkeit
- Strukturiert, aber mit wenig Freiheiten

Grafische Nutzerschnittstelle (GUI)

- Grafische Anordnung von Bedienelementen
- Reihenfolge der Ereignisse unvorhersehbar
- Nicht linear: beliebige Entscheidungsmöglichkeiten
- Große Freiheit: Alles (implementierte) jederzeit möglich.

Besonderheiten von GUIs mit großer Auswirkung

- Nicht linear und nicht vorhersehbar
  - Nutzer kann jederzeit jedes implementierte Ereignis in beliebiger Reihenfolge auslösen.
- Ereignisgetrieben
  - Grundsätzlich anderes Programmier-Paradigma
- Parallel
  - Zeitlich parallele Verarbeitung mehrerer Prozesse
- Keine Nachvollziehbarkeit der Bearbeitungshistorie
  - Muss per Hand implementiert werden

☛ Direkte, tiefgreifende Auswirkung auf die Programmierung

Nicht linear und nicht vorhersehbar

- Reihenfolge der Aufgaben (Funktionsaufrufe) beliebig
  - Größtmögliche Freiheit des Nutzers
  - Reihenfolge der Datenverarbeitungsschritte nicht festgelegt
  - Freiheit bedingt immer auch Verantwortung
  - Nutzerführung durch intuitive Anordnung der Bedienelemente
- Zustand beim Funktionsaufruf erst zur Laufzeit bekannt, nicht bereits bei der Implementierung
  - Strikte Überprüfung aller Variablen und Objekte, auf die zugegriffen werden soll (Existenz, Zustand)
  - Kapselung der Routinen
- Paralleler Zugriff auf gemeinsame Ressourcen

Ereignisgetriebene Programmierung

Der Programmfluss wird durch Ereignisse (*events*) gesteuert, das Programm *nicht* linear durchlaufen.

- Häufig zur GUI-Programmierung eingesetzt
- Zentrale Elemente
  - Ereignisse (*events*)
  - Hauptschleife, die auf Ereignisse „hört“ (*listener*)
  - Ereignisbehandlungsroutinen (*event handler*, *callbacks*)
- Parallele Programmierung
  - Mehrere Prozesse laufen parallel.
  - Kann zu unerwünschten Randeffekten führen

Zeitlich parallel laufende Prozesse (Threads)

- Situation in GUIs
  - Auslösung eines Ereignisses ist (relativ) schnell
  - Abarbeitung der ausgelösten Aufgaben kann lange dauern
  - Nutzer erwarten eine schnelle Antwortzeit.
- Ereignisgetriebene Programmierung
  - Hauptschleife nimmt Ereignisse entgegen
    und ruft die Ereignisbehandlungsroutinen auf
- Problem
  - Ereignisbehandlung läuft (teilweise) parallel
  - Gleichzeitiger Zugriff auf gemeinsame Ressourcen
  - Ressourcen: Daten, GUI-Zustand, ...

Threadsicherheit

Eine Komponente kann gleichzeitig von verschiedenen Programmbereichen mehrfach ausgeführt werden, ohne sich gegenseitig zu behindern.

- Gleichzeitige Manipulation von Daten durch mehrere Threads kann zu inkonsistenten Daten führen.
- Strategien zur Vermeidung von Inkonsistenzen
  - Semaphore
  - Mutex (*mutual exclusive*, gegenseitiger Ausschluss)
  - Synchronisierung
- GUI-Elemente sind i.d.R. *nicht* threadsicher.

Wettlaufsituation (*race condition*)

Das Ergebnis einer Operation hängt vom zeitlichen Verhalten bestimmter Einzeloperationen ab.

- „Worst case“
  - Unvorhersehbares Verhalten
  - Schwer zu reproduzieren und zu beheben (Debugging verändert Verhalten)
- Konsequenzen für die GUI-Programmierung
  - Bewusstsein für die Probleme paralleler Programmierung
  - Kapselung einzelner Operationen
  - Strategien zur Zugriffssteuerung und Synchronisation

Keine Nachvollziehbarkeit der Bearbeitungshistorie

- Konsequenz des Programmierparadigmas einer GUI
  - Ereignisgetrieben
  - Nicht linear und nicht vorhersehbar
- Problem für die (Natur-)Wissenschaften
  - Vollständige Nachvollziehbarkeit aller Details der Datenverarbeitung von entscheidender Bedeutung.
  - Reproduzierbarkeit der Datenverarbeitung (ggf. auch mit einem anderen Datensatz)

☛ Manuelle Implementierung einer Bearbeitungshistorie

☛ Konzept der Historie im Datensatz

Historie – Dokumentation aller Verarbeitungsschritte

- Zielstellung
  - Nachvollziehbarkeit
  - Reproduzierbarkeit
- Felder für einen Eintrag
  - Name des Durchführenden
  - Datum
  - Name und Version der verarbeitenden Routine
  - Version des zugrundeliegenden Programms (z.B. Matlab)
  - Name und Version des Betriebssystems
  - ggf. sämtliche Eingabeparameter für die Routine

☞ Gewährleistet zusammen mit einer Versionsverwaltung (für den Code) die vollständige Reproduzierbarkeit.

Besonderheiten von GUIs

Textbasierte vs. grafische Schnittstellen

UNI FREIBURG

Textbasierte Nutzerschnittstellen (CLI)

- Relativ einfach zu implementieren.
- Lineare (festgelegte) Nutzerführung
- Notwendigkeit, alles textlich zu beschreiben

Grafische Nutzerschnittstellen (GUI)

- Oft schnellerer Zugang für den Gelegenheitsnutzer
- Wesentlich aufwendiger in der Programmierung
- Matlab: Festlegung auf ein kommerzielles Programm
- Plattformunabhängigkeit schwer zu gewährleisten

☛ Klare Abwägung der jeweiligen Kosten und Nutzen

Bausteine von GUIs

Einfache Grundelemente – vielfältige Kombinationsmöglichkeiten

Steuerelement (*widget*, *control*)

Interaktionselement in einer grafischen Benutzeroberfläche

- *widget* = *window* + *gadget*
- Steuerelemente im Programm mit Funktionen verknüpft
  - Werden ausgeführt, wenn das Element aktiviert wird
- Einfache Steuerelemente
  - Bsp.: Schaltfläche, Auswahlliste, ...
- Komplexe Elemente (vorgefertigt)
  - Bestehen aus einfachen Steuerelementen
  - Bsp.: Dialog zum Speichern einer Datei

Grundlegende Bausteine

- Symbol (*Icon*)
  - grafisches Symbol
- Bezeichnungsfeld (*Label*)
  - Einfacher Text für Beschreibungen
  - Nicht-interaktiv
- Textfeld
  - Ein- oder mehrzeiliges Feld
  - Für die Ein- oder Ausgabe von Zahlen oder Text
- Schaltfläche (*Button*)
  - Fläche zum Anklicken mit der Maus
- Schieberegler (*Slider*)
  - Zur grafischen Auswahl von Werten

Grundlegende Bausteine

- Auswahlkästchen (*Checkbox*)
  - Zwei Zustände: gesetzt/nicht gesetzt
- Optionsfeld (*Radiobutton*)
  - Auswahl (genau) einer Möglichkeit aus einer Gruppe
- Listenfeld (*Listbox*)
  - mehrzeilig, zur Auswahl
- Kombinationsfeld (*Combobox*)
  - Kombination aus Textfeld und Listenfeld
- Dropdown-Listenfeld (*Dropdown-Liste*)
  - Kombination aus schreibgeschütztem Textfeld und ausklappbarer Auswahlliste
  - Textfeld kann nur einen der Einträge der Liste annehmen

Fensterspezifische Bausteine

- Titel
  - Prägnante Bezeichnung des aktuellen Fensters
- Menü
  - Auswahlliste mit Drop-Down-Listen
  - Grundlegende Funktionen eines Programms
- Symbolleiste
  - Mehrere Schaltflächen (Icons) für Programmfunktionen
- Bildlaufleiste (*Scrollbar*)
  - Verschiebt Fensterinhalt vertikal oder horizontal
- Statusleiste
  - Bereich am unteren Rand eines Fensters
  - Anzeige von Programmstatus und/oder Hilfetexten

Bausteine zur Gliederung

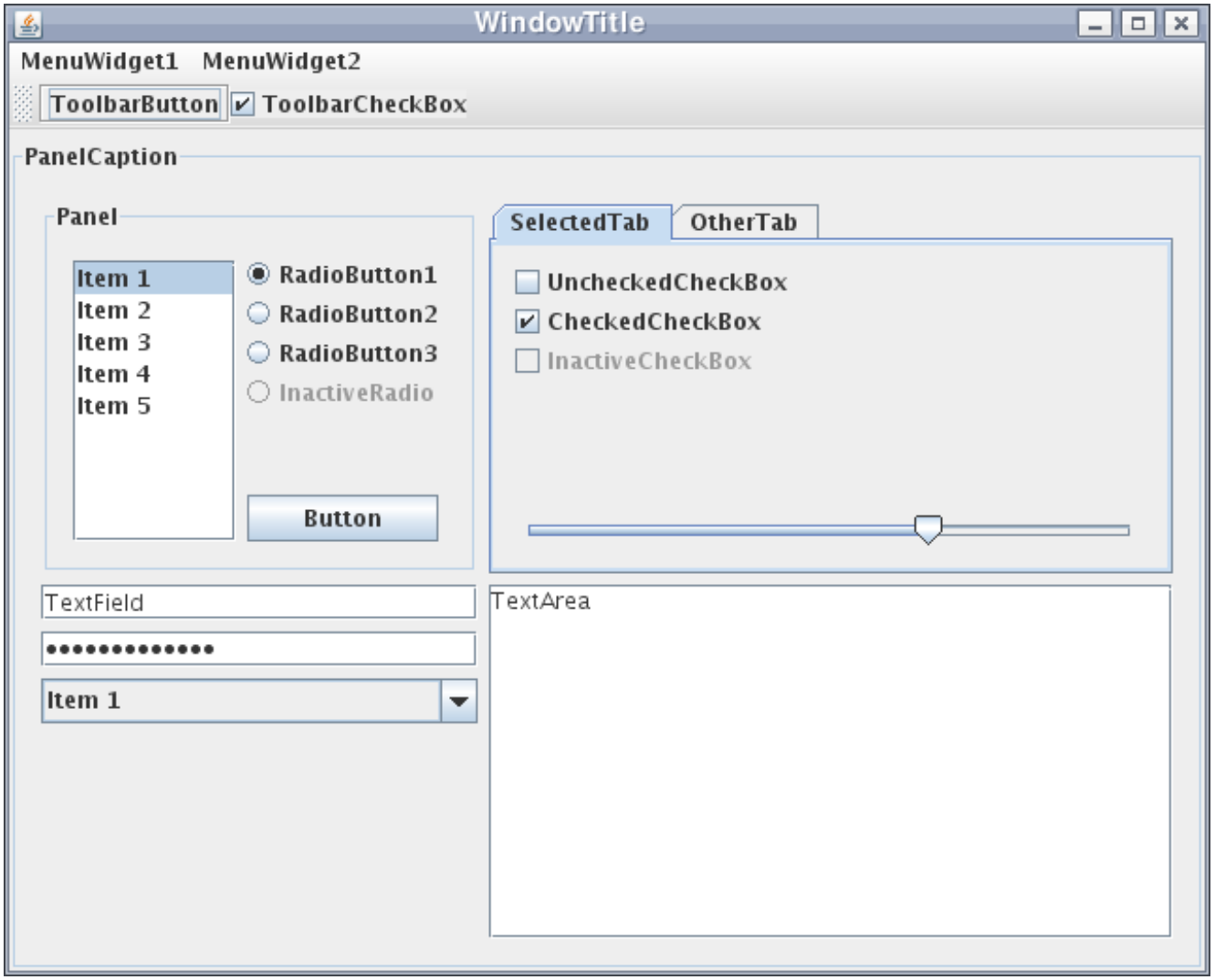
- Baum
  - Hierarchisch gegliederte Auswahlliste
  - Aufklappbare Knoten
- Registerkarte (Reiter, *Tab*)
  - Mehrseitige Dialogfenster
  - Mehrere Dokumente pro Fenster
- Gruppenfeld (*Panel*)
  - Rahmen mit Überschrift
  - Gruppierung zusammengehörender Steuerelemente

Spezielle Bausteine

- Fortschrittsbalken
  - Anzeige des Fortschritts einer Operation
  - Rückmeldung an den Nutzer, dass etwas passiert
- Tabelle
  - Komplexes Element für Daten/Werte
  - Verhalten ähnlich einem Tabellenkalkulationsprogramm
- Achsen
  - Insbesondere bei der Datenverarbeitung
  - Mehrdimensionale Auftragung (numerischer) Daten
- Mauszeiger
  - Unterschiedliches Aussehen je nach Funktion
  - Beispiele: Hand, Sanduhr, Fadenkreuz, ...

Bausteine von GUIs

Übersicht über grundlegende Bausteine



Bausteine können Ereignisse auslösen

- Ereignis (*event*)
  - Meist vom Nutzer ausgelöst (z.B. Mausklick)
  - Art des Ereignisses
  - Quelle des Ereignisses
- Hauptschleife (*listener*)
  - Hört auf die Ereignisse
  - Ruft die für ein Ereignis zuständigen Routinen auf
  - Jedes interaktive Element „registriert“ sich vorher.
- Ereignisbehandelnde Routine (*callback*)
  - Programmlogik, nicht eigentliche Datenverarbeitung
  - Sorgt u.a. für die Aktualisierung der GUI-Elemente

Bausteine haben vier mögliche Zustände

1. Aktiv
   - Sichtbar
   - Nutzerinteraktion löst Ereignis aus
2. Inaktiv
   - Sichtbar
   - Keine Reaktion auf Nutzerinteraktion
3. Sichtbar
   - Aktiv oder inaktiv
4. Unsichtbar
   - Für den Nutzer unerreichbar
   - Keine Nutzerinteraktion möglich


Best Practices
Learn from the mistakes of others!

Best Practice

Bewährte, optimale bzw. vorbildliche Methoden, Praktiken oder Vorgehensweisen; unverbindliche Empfehlung

- Qualität ist kontextabhängig
  - Kultur, Prägung, Erfahrung, ...
  - Konkrete Aufgabe
- Grundkonzepte
  - Haben sich in mehr als einem Kontext bewährt
  - Können vor manchen Stolperfallen bewahren

☛ Von anderen lernen, ohne sich (zu sehr) einzuschränken

Bewährtes vs. Innovation

- „Best/good practices“ sind nie „State of the art“.
- Abwägung zwischen Bewährtem und neuen Lösungen

Zwei Sichtweisen auf eine GUI

1. Anwendersicht
   - Oberfläche ist „Mittel zum Zweck“
   - Ergonomie („Benutzerfreundlichkeit“) steht im Mittelpunkt
2. Entwicklersicht
   - Robuster, modularer, wiederverwertbarer Code
   - Einfach zu pflegen und zu erweitern

☛ Beide Sichtweisen werden nachfolgend vorgestellt.

Berücksichtigung ergonomischer Grundsätze bei Software

- Empfehlungen in der Norm DIN EN ISO 9241 geregelt

Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241-110

1. Aufgabenangemessenheit
2. Selbstbeschreibungsfähigkeit
3. Steuerbarkeit
4. Erwartungskonformität
5. Fehlertoleranz
6. Individualisierbarkeit
7. Lernförderlichkeit

Aufgabenangemessenheit

*Ein Dialog ist aufgabenangemessen, wenn er den Benutzer unterstützt, seine **Arbeitsaufgabe effektiv und effizient** zu **erledigen**.*

- Funktionalität und Dialog basieren auf den charakteristischen Eigenschaften der Arbeitsaufgabe, nicht auf der zugrundeliegenden Technik.
- Beispiel: Sinnvolle Standardwerte bei Eingabefeldern
- Voraussetzung: Analyse der Arbeitsabläufe

☛ Programme für Menschen, nicht für Computer

DIN EN ISO 9241-10

Selbstbeschreibungsfähigkeit

Ein Dialog ist selbstbeschreibungsfähig, wenn jeder einzelne Dialogschritt durch Rückmeldung des Dialogsystems ***unmittelbar verständlich*** *ist oder dem Benutzer* ***auf Anfrage erklärt*** *wird.*

- Wo bin ich gerade (im Arbeitsablauf)?
- Was kann ich (als nächstes) tun?
- Wie kann ich den nächsten Schritt tun?

DIN EN ISO 9241-10

Steuerbarkeit

*Ein Dialog ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, den **Dialogablauf** zu **starten** sowie seine **Richtung und Geschwindigkeit** zu **beeinflussen**, bis das Ziel erreicht ist.*

- Beispiele
  - Aktueller Schritt kann abgebrochen werden.
  - Letzter Schritt kann rückgängig gemacht werden.
  - Auswahl mehrerer Optionen für den nächsten Schritt

☛ Nutzer zumindest das Gefühl der Kontrolle vermitteln

DIN EN ISO 9241-10

Erwartungskonformität

*Ein Dialog ist erwartungskonform, wenn er **konsistent** ist und den Merkmalen des Benutzers entspricht, z.B. seinen Kenntnissen aus dem Arbeitsgebiet, seiner Ausbildung und seiner Erfahrung sowie den **allgemein anerkannten Konventionen**.*

- Konventionen sind lediglich ein Aspekt.
- Konsistenz erhöht grundsätzlich die Vorhersehbarkeit.
- Beispiele
  - Identische Tastenkürzel in allen Fenstern
  - Tabulatorreihenfolge entspricht dem Arbeitsablauf

DIN EN ISO 9241-10

Fehlertoleranz

*Ein Dialog ist fehlertolerant, wenn das beabsichtigte **Arbeitsergebnis trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben** entweder mit keinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers erreicht werden kann.*

- Beispiel
  - Überprüfung von Nutzereingaben und Rückmeldung bei Falscheingabe
- Voraussetzungen
  - Robuster Code
  - Verständliche und korrekte Fehler-/Warnmeldungen

DIN EN ISO 9241-10

Individualisierbarkeit

Ein Dialog ist individualisierbar, wenn das Dialogsystem ***Anpassungen an die Erfordernisse*** *der Arbeitsaufgabe sowie an die* ***individuellen Fähigkeiten und Vorlieben des Benutzers*** *zulässt.*

- Weitgehende (einfache) Konfigurierbarkeit
- Beispiele
  - Position und Größe von Fenstern
  - Unterschiedliche Ansichten (normal/Experte)
  - Vorbelegung von Eingabefeldern mit Werten

DIN EN ISO 9241-10

Lernförderlichkeit

*Ein Dialog ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim **Erlernen des Dialogsystems unterstützt** und anleitet.*

- Beispiele
  - „Guided Tour“ durch die Anwendung
  - Eingebaute Hilfefenster
  - *Tooltips* für die einzelnen GUI-Elemente
  - Intuitive Anordnung der Elemente
- Voraussetzung: Gute Kenntnis der Arbeitsabläufe

☞ Aber: Lieber intuitive Anordnung statt Dokumentation

DIN EN ISO 9241-10

Einige hilfreiche Programmierkonzepte

- There is more than one way to do it (TIMTOWTDI)
- Keep easy things easy and the hard possible
- Don’t repeat yourself (DRY)
- Keep it simple stupid (KISS)
- Convention over configuration
- Aussehen, Programmlogik und Datenverarbeitung trennen

☛ Generelle Konzepte für robusten, einfach wartbaren Code

☛ Lassen sich gewinnbringend für GUIs einsetzen

There is more than one way to do it (TIMTOWTDI)

- Idee
  - Viele Wege führen nach Rom.
  - Keine unnötige Beschränkung der Anwender
  - Was einfach ist, ist oft vom Anwender abhängig.
- Herkunft
  - Grundprinzip der Programmiersprache Perl
- Erweiterung
  - There’s more than one way to do it,
    but sometimes consistency is not a bad thing either
    (TIMTOWTDIBSCINABTE)
  - Ggf. Konventionen innerhalb eines Projektes festlegen

Keep easy things easy and the hard possible

- Einfache Dinge einfach halten
  - „Einfach“ ist ein dehnbarer Begriff.
  - Ziel: Intuitive Verständlichkeit, Offensichtlichkeit
  - Programm schnell in Grundzügen bedienbar
- Schwierige Dinge ermöglichen
  - Keine Einschränkung der Freiheiten des Nutzers
  - Die Realität ist häufig komplex.
- Balance zwischen Bequemlichkeit und Freiheit
  - Entscheidung letztlich immer subjektiv
  - Einfache/häufige Abläufe prominent platzieren
  - Modularität hilft bei komplexen oder unvorhergesehenen Abläufen

Don’t repeat yourself (DRY)

- Grundkonzept der Modularität
  - Eine Aufgabe wird von *genau einer* Routine erledigt.
  - Eine Routine erledigt *genau eine* Aufgabe.
- Vorteile
  - *Genau eine* Stelle im Code muss gepflegt werden.
  - Maximale Flexibilität
- Voraussetzungen
  - Hohes Abstraktionsvermögen
  - Disziplin und kontinuierliches Refactoring

Keep it simple stupid (KISS)

- Idee
  - Einfache Systeme sind einfacher zu warten.
  - Oft fehlen die Mittel, komplexe Systeme zu warten.
  - Einfache Systeme sind oft robuster.
- Herkunft
  - U.S. Navy / Lockheed Skunk Works (u.a. U-2, SR-71)
- Andere Varianten
  - Weniger ist mehr (Mies van der Rohe)
  - Einfachheit ist die höchste Stufe der Vollendung (Leonardo da Vinci)

Convention over configuration

- Idee
  - Vermeidung der Notwendigkeit komplexer Konfiguration
  - Sinnvolle Voreinstellungen, die sich ggf. ändern lassen
- Voraussetzungen
  - Gute Kenntnis der Anforderungen und Gegebenheiten (Was ist im gegebenen Kontext „sinnvoll“?)
  - Dokumentation der Konventionen
  - Konsequente Einhaltung und Umsetzung
- Abgrenzung
  - Schließt Konfigurationsmöglichkeiten keinesfalls aus
  - Konventionen nicht notwendigerweise statisch

Aussehen, Programmlogik und Datenverarbeitung trennen

- Aussehen
  - Elemente der GUI/CLI und ihre Anordnung
- Programmlogik
  - Zusammenspiel der einzelnen Komponenten der GUI/CLI
- Datenverarbeitung
  - Jegliche Operation auf den eigentlichen Daten

☛ Ähnlich dem MVC-Konzept (*Model View Controller*)

☛ Konkrete Ausgestaltung der Trennung
vom konkreten Einzelfall abhängig

Gründe für die Trennung

- Modularität
  - Eine Aufgabe, eine Routine (Übersichtlichkeit)
  - Wiederverwertbarkeit, Wartbarkeit
- Nachvollziehbarkeit
  - Historie, Versionsnummer der Toolbox, VCS
  - Datenverarbeitung ohne GUI nachvollziehbar
- Automatisierbarkeit
  - Abläufe skriptbar
- Unabhängigkeit
  - Datenverarbeitung ohne GUI (vgl. Nachvollziehbarkeit)
  - Inkompatibilitäten bei GUIs wesentlich wahrscheinlicher

Allgemeines zur GUI-Entwicklung

Designentscheidungen

Lounge Chair & Ottoman, Charles & Ray Eames, 1956

Designentscheidungen – mehrere Ebenen

- Anwendersicht
  - Sprache der Elemente
  - Anordnung von Elementen
  - GUI in der Größe veränderbar?
  - Ein oder mehrere Fenster
  - Verwendung von Menüs
  - Tastenkürzel
- Entwicklersicht
  - Entwicklung: per Hand oder mit Hilfsmitteln
  - Programmiersprache und Grafik-Bibliothek
  - Plattformunabhängige Entwicklung?

☛ Keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit

Sprache der Elemente

- Wissenschaft ist international
  - Englisch ist in vielen Fällen die Sprache der Wahl.
  - Alternative: Internationalisierung (komplexe Umsetzung)
- Prägnanz und Eindeutigkeit
  - Wichtig für schnelles Erfassen der jeweiligen Situation
  - Kurze Begriffe und erklärende Texte
  - Prägnanz durch im Kontext gängige Begriffe
  - Eindeutigkeit immer im Kontext der Aufgabe
  - Erfordert hinreichende Sprachbeherrschung
- Korrektheit
  - GUI-Elemente lassen sich vom Anwender selten ändern.
  - Mancher stört sich an (Rechtschreib-)Fehlern.

Anordnung von Elementen

- Übersichtlich
  - Wir können nur wenige Elemente auf einen Blick erfassen.
  - Zusammengehöriges zusammen anordnen
  - Zusätzliche (selten genutzte) Funktionen „verstecken“
- Den Arbeitsabläufen entsprechend
  - Setzt tiefe Kenntnis gängiger Arbeitsabläufe voraus
  - Ergonomie: Optimierung der Schnittstelle auf die Abläufe
- Erwartungskonform
  - Anordnung der Elemente wie vom Nutzer erwartet
  - Praktikabilität geht vor „Offensichtlichkeit“

GUI in der Größe veränderbar?

- Nutzersicht
  - Anpassung der Größe oft bequem
  - Bekannt von vielen Programmen
  - Hardware (insbesondere Bildschirmgröße) unterschiedlich
- Entwicklersicht
  - Statische Größe wesentlich einfacher implementierbar
  - Größenänderung erfordert klare Behandlungsroutinen für jedes GUI-Element (Größenänderung ist ein Ereignis)
  - Minimale sinnvolle Größe festlegen

☞ Lässt sich nur mit erheblichem Zeitaufwand im Nachhinein implementieren

Ein oder mehrere Fenster

- Ein Fenster
  - Alle Elemente in einem Fenster
  - Gliederung durch Registerkarten (Tabs) o.ä.
  - Übersichtlichkeit durch unterschiedliche „Ansichten“
- Mehrere Fenster
  - Meist ein Hauptfenster
  - Ein Fenster für jede (zusätzliche) Aufgabe
  - Kommunikation zwischen Fenstern notwendig
  - Kann unübersichtlich werden (Fenster verdeckt, aber offen)
  - Hauptfenster schließt andere Fenster beim Beenden mit

☛ In der Praxis oft eine Mischung beider Konzepte

Verwendung von Menüs

- Bewährtes Konzept
  - Seit den Anfängen grafischer Oberflächen bekannt
  - Kann als beim Nutzer bekannt vorausgesetzt werden
- Übersichtlichkeit
  - Alle Funktionen auf einen Blick („Inhaltsverzeichnis“)
  - Aber: Oft Zuordnung zu Menüs nicht eindeutig (und damit wenig intuitiv)
- „Menüfreie“ Systeme
  - Mitunter intuitivere Nutzerführung
  - Komplexe Aufgaben mit komplexer Nutzerinteraktion schwer in Menüpunkt zusammenzufassen
  - Übersicht ggf. schwerer zu bekommen

Tastenkürzel

- GUIs sind für die Bedienung mit der Maus ausgelegt.
  - Zentraler Aspekt der Bedienerfreundlichkeit
  - Gerade für Gelegenheitsnutzer wichtig
  - Schnelle Bedienung durch intuitive Anordnung
- Tastenkürzel
  - Oft schneller als der Griff zur Maus
  - Immer nur Ergänzung zur grafischen Bedienung
  - *Per se* unintuitiv, deshalb: gut dokumentieren
  - Besonders für Vielnutzer geeignet
  - Können Arbeitsprozesse immens beschleunigen

☛ Möglichst intuitive bzw. bekannte Tastenkürzel einsetzen

Entwicklung: per Hand oder mit Hilfsmitteln

- Hilfsmittel
  - GUIs zum Design von GUIs
  - Code wird automatisch generiert.
  - Generierter Code selten so gut wie handgeschriebener
  - Generierter Code meist konsistent
- Programmierung per Hand
  - Deutlich aufwendiger
  - Konsistenz Frage der Disziplin des Programmierers
  - Vollständige Kontrolle über alle Aspekte

☛ Abhängig von Zielstellung, Komplexität, Ressourcen, ...

☛ Moderne IDEs nehmen Arbeit beim Programmieren ab.

Programmiersprache und Grafik-Bibliothek

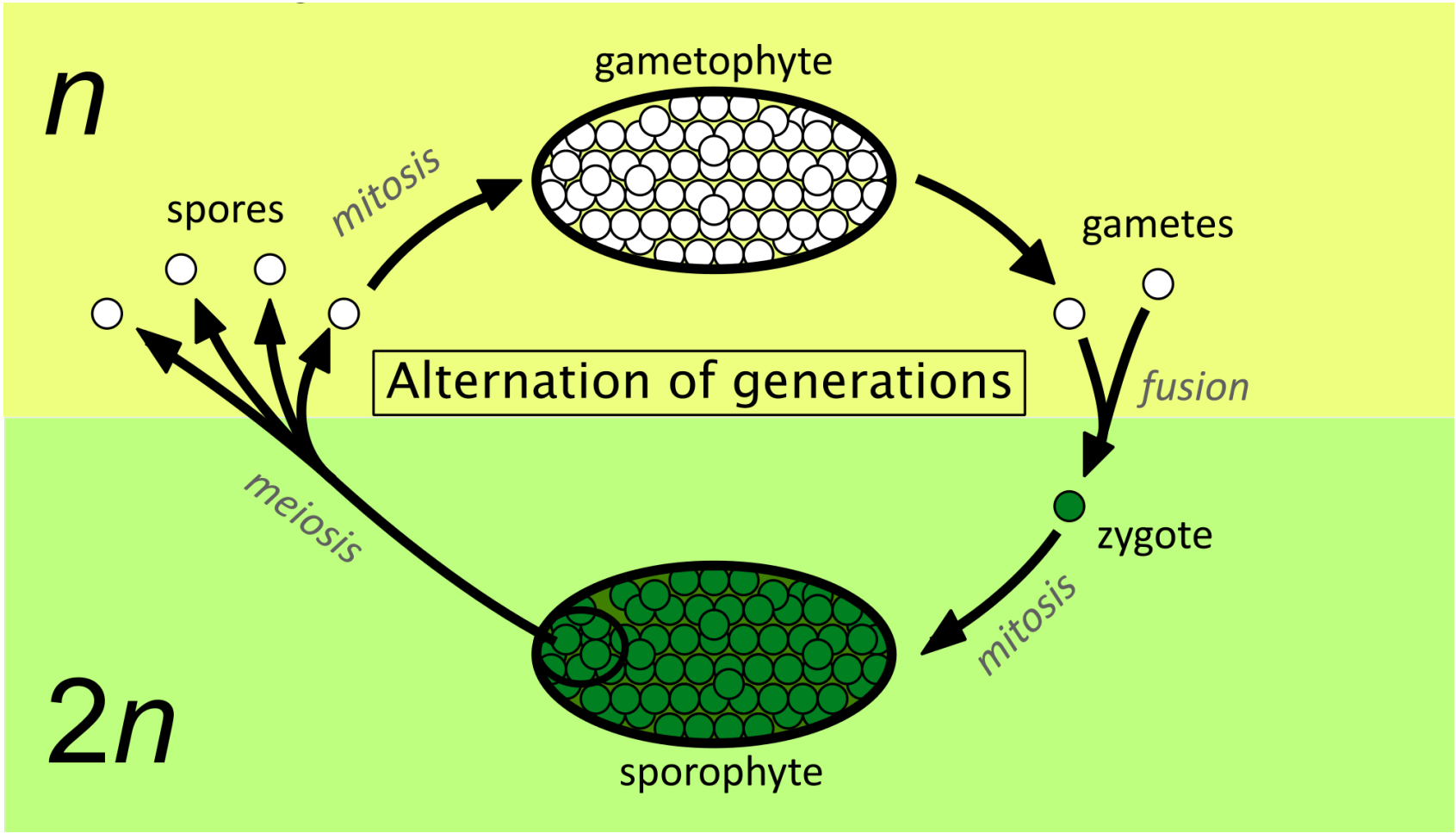
- Programmiersprache
  - Unabhängig von der Grafik-Bibliothek
  - Implementierung der eigentlichen Datenverarbeitung
  - Sollte auf die Problemstellung zugeschnitten sein
  - Möglichst frei verfügbar und plattformunabhängig
- Grafik-Bibliothek
  - Unabhängig von der Programmiersprache
  - Viele Bibliotheken haben Bindungen für diverse Sprachen.
  - Möglichst frei verfügbar und plattformunabhängig
- Spezialfall Matlab
  - Programmiersprache und Grafik-Bibliothek aus einer Hand
  - Kommerziell

Plattformunabhängige Entwicklung?

- Heterogene IT-Landschaft in der Wissenschaft
  - Alle (drei) großen Betriebssysteme vertreten
  - Messsoftware oft auf eine Plattform festgelegt
  - Geräte oft wesentlich langlebiger als Betriebssysteme
- Plattformunabhängigkeit auf Systemebene
  - Programmiersprache und Grafik-Bibliothek
  - Manuelle Tests aufwendig und i.d.R. unrealistisch
  - Abstraktionsschichten aktiv und konsequent nutzen
- Praxis
  - Virtuelle Maschinen
  - Automatisierte Tests
  - Ausreichend großer und heterogener Nutzerkreis

Allgemeines zur GUI-Entwicklung

Allgemeiner Entwicklungszyklus einer GUI



Allgemeiner Entwicklungszyklus einer GUI

1. Was soll die GUI können?
   - Anforderungsanalyse (so detailliert wie möglich)
   - Enge Abstimmung mit der (künftigen) Nutzergruppe
2. Abläufe überlegen
   - Erfahrungen und Konventionen berücksichtigen
3. Prototypen implementieren und optimieren
   - Prototypen verarbeiten keine Daten
   - Programmlogik möglichst vollständig implementieren
   - Abläufe aus der Praxis heraus optimieren
4. Funktionen hinterlegen
   - Idealerweise bereits vorhanden
   - Modular und von der GUI unabhängig

Tipps aus der Praxis

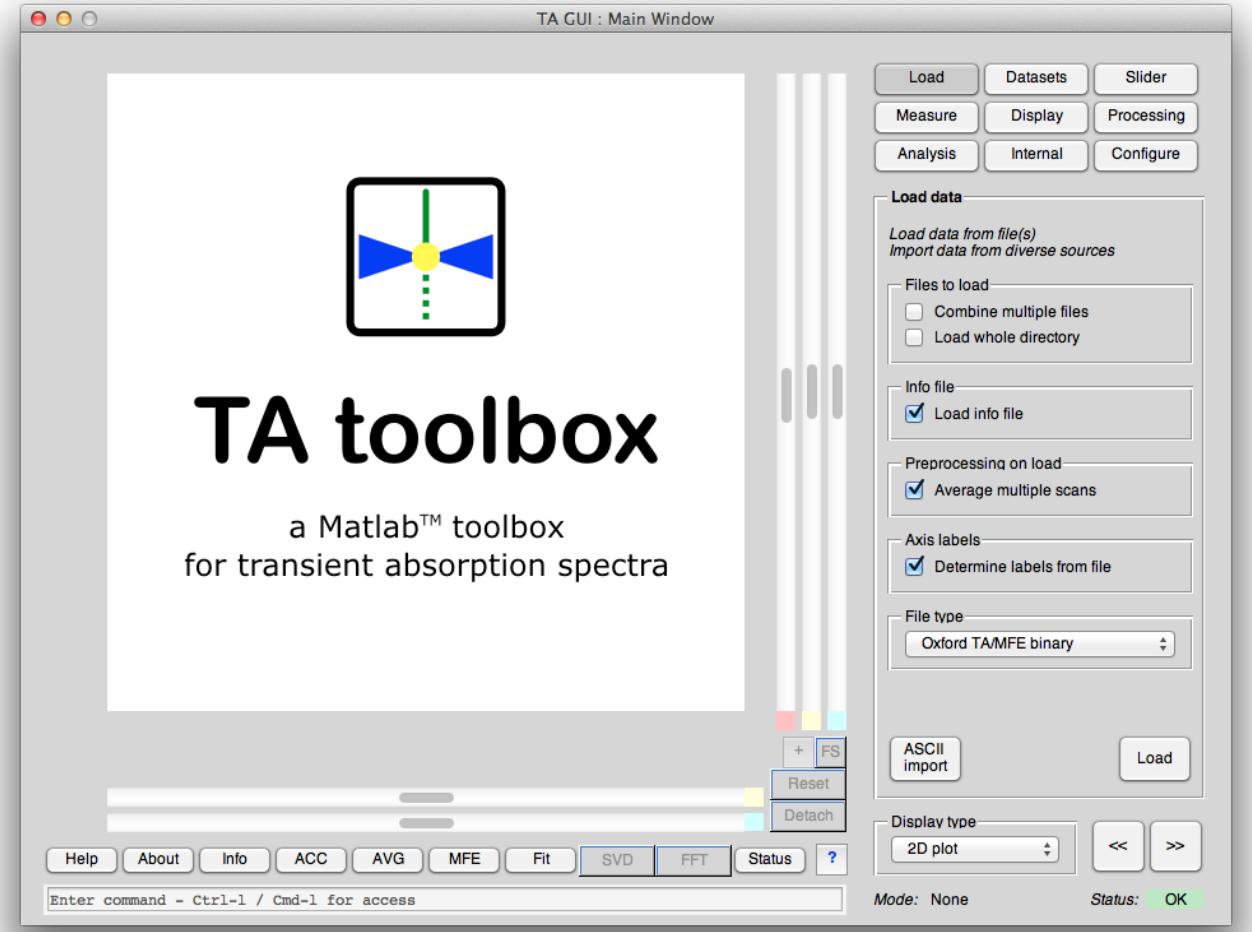
- Anforderungsanalyse
  - Möglichst klar formulierte Zielstellungen
  - Arbeitsabläufe aus der Praxis kommend festhalten
  - Enge Abstimmung mit (künftiger) Nutzergruppe
- GUI-Design beginnt mit Zettel und Stift.
  - Wesentlich flexibler als Prototypen
  - Schnellere Entwicklungszyklen möglich
  - Kosten-Nutzen-Rechnung
  - Voraussetzung: Vorstellungskraft, Abstraktionsvermögen
- Abläufe lassen sich oft erst in der Praxis optimieren.
  - Setzt (voll) funktionsfähige Prototypen voraus
  - Skaliert mit der eigenen Erfahrung

Tipps aus der Praxis (Fortsetzung)

- Auf die Nutzer hören
  - Implementierung macht oft betriebsblind.
  - Nutzer steht im Fokus, nicht die dahinterliegende Technik
- Nutzern über die Schulter schauen
  - Wir sind daran gewöhnt, „workarounds“ zu finden.
  - Nutzer verwenden GUIs häufig anders als gedacht.
  - Offenbart häufig Schwächen in der Implementierung
- GUIs als Entwickler an realen Beispielen testen
  - Wenn etwas schon den Entwickler nervt...
  - Ermöglicht deutlich kürzere Entwicklungszyklen
  - Voraussetzung: Satz an (realistischen) Testzenarien

GUI-Entwicklung in Matlab

Ein paar Anmerkungen aus mehrjähriger eigener Erfahrung



Worte der Warnung

- Matlab ist kommerziell
  - Matlab-GUIs sind ausschließlich mit Matlab lauffähig.
  - GUI-Programmierung ist aufwendig.
  - Die in Matlab-GUIs investierte Zeit kann nicht direkt auf andere Systeme übertragen werden.
- Matlab wird ständig weiterentwickelt
  - Änderungen sind jederzeit ohne Vorwarnung möglich.
  - Keine Kontrolle über die Abwärtskompatibilität
  - Bindung an spezielle Matlab-Versionen (Kostenfaktor!)

☞ Es gibt zukunftsfähigere Möglichkeiten als Matlab-GUIs, aber nur mit entsprechenden Programmierfähigkeiten.

Alternativen zu Matlab-GUIs

- Frei verfügbare Programmiersprachen
  - Fortran
  - C/C++
  - Python
  - ...
- Frei verfügbare Grafikbibliothek
  - wxWidgets
  - GTK+
  - Qt
  - ...

☞ Setzt Beherrschung sowohl der Programmiersprache als auch der Grafikbibliothek voraus.

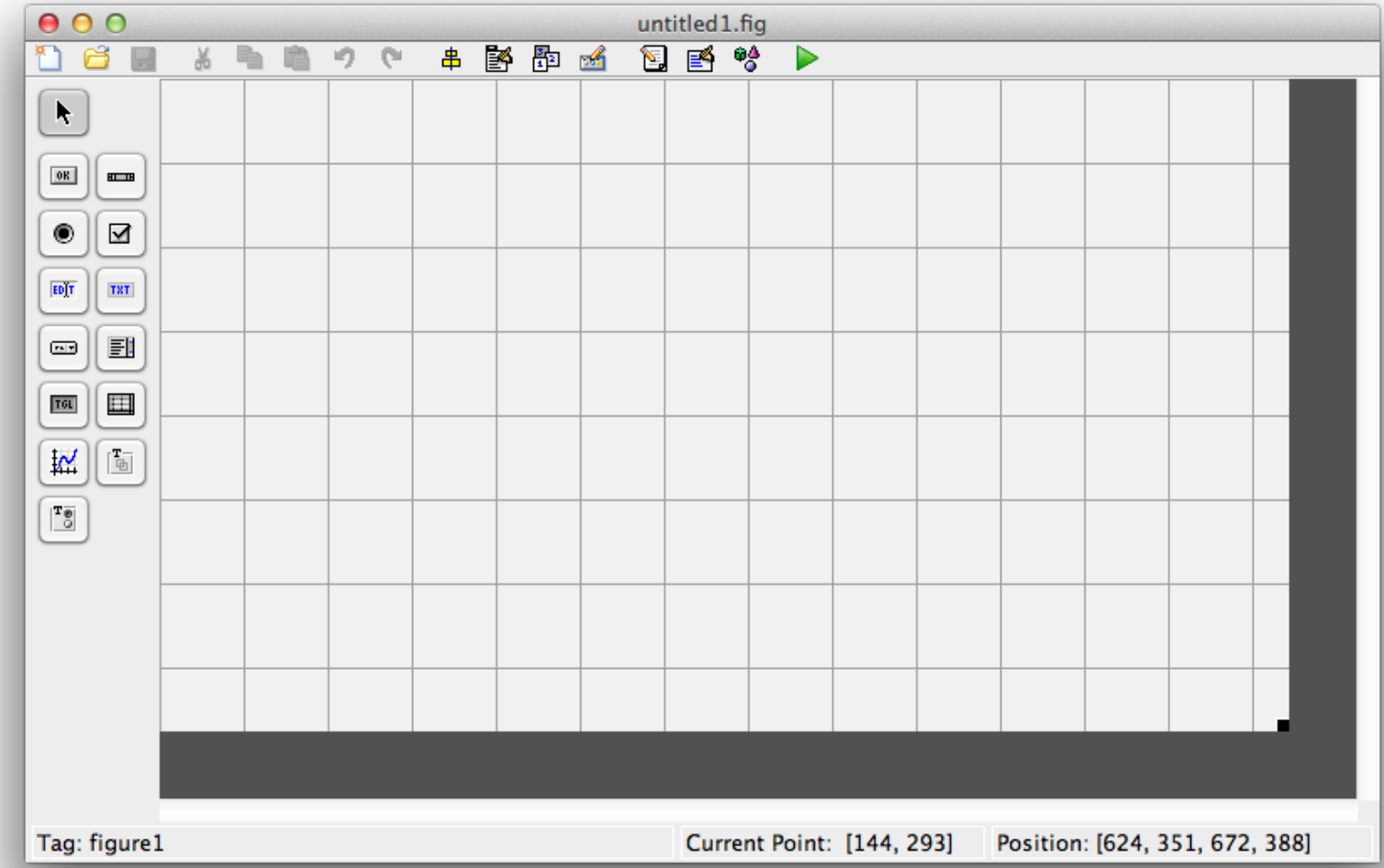
Zwei Herangehensweisen in Matlab

1. GUI zur GUI-Entwicklung (GUIDE)
   - (Einfache) Erstellung der GUI mittels GUI
   - GUI selbst (Aussehen) in binärer `fig`-Datei
   - Generiert Teile des Codes selbstständig
   - Wenig Einfluss auf die Details der Programmierung
2. Programmatisch (manuell)
   - Alle Elemente werden per Hand programmiert.
   - Komplettes Aussehen der GUI in einer Funktion
   - Voller Zugriff auf alle Details
   - Aufwand der manuellen Anordnung der Elemente

☛ Abhängig von persönlichen Vorlieben, Zielstellung, Ressourcen, Komplexität, gegebenem Zeitfenster

GUI-Entwicklung in Matlab

Grundsätzliches Herangehen: GUIDE



Listing 1: Beispiel für die manuelle Programmierung von GUI-Elementen

```
1  hMainFigure = figure('Tag',mfilename,...
2      'Visible','off',...
3      'Name','TA GUI : Main Window',...
4      'Units','Pixels',...
5      'Position',[20,40,950,700],...
6      'Resize','off',...
7      'NumberTitle','off', ...
8      'Menu','none','Toolbar','none',...
9      'KeyPressFcn',@keyBindings,...
10     'CloseRequestFcn',@closeGUI);
11
12 % ...
13
14 uicontrol('Tag','export_button',...
15     'Style','pushbutton',...
16     'Parent', hPanelAxis, ...
17     'BackgroundColor',defaultBackground,...
18     'FontUnit','Pixel','Fontsize',12,...
19     'String','Detach',...
20     'TooltipString','Export current display to independent Matlab figure',...
21     'pos',[590 0 60 25],...
22     'Enable','off',...
23     'Callback',{@export_pushbutton_Callback}...
24     );
```

Grundsätzliches Herangehen

- Man lernt nur an konkreten Beispielen
  - Einfaches Beispiel selbst implementieren
  - Vorher mit Zettel und Stift Konzept entwerfen
- Matlab-Hilfe
  - Recht ausführliche Einführung in die GUI-Programmierung
  - Referenz für die Eigenschaften von Elementen
- GUIDE vs. programmatisch
  - Letztlich eine Frage persönlicher Vorliebe
  - Tipp: An konkretem (kleinem) Beispiel ausprobieren
  - Erfahrung: Große Projekte besser programmatisch

Matlab-GUIs sind Java-basiert

- GUI beruht (größtenteils) auf Java Swing
  - Mit Matlab programmierbare GUIs und Matlab-GUI selbst
  - Theoretisch alle Elemente der Matlab-GUI verwendbar
  - Matlab-Code zusätzliche Abstraktionsebene
- Zugriff auf zugrundeliegende Java-Objekte möglich
  - Setzt u.a. Java-Kenntnisse voraus
  - Ermöglicht Zugriff auf viele zusätzliche Eigenschaften
- Kenntnisse von Java zur GUI-Programmierung einsetzbar
  - Zugriff auf zusätzliche GUI-Elemente aus Java-Bibliotheken
  - Änderung des Aussehens und Verhaltens von Elementen

☛ Java-Programmierung in Matlab kommt später (kurz)

Matlab ist ein kommerzielles Produkt

- Abwärtskompatibilität kein primäres Ziel
  - MathWorks will neue Versionen verkaufen.
  - Mit jeder Matlab-Version neue „Features“
  - Jede neue Version birgt die Gefahr von Inkompatibilitäten.
- Quellcode nicht (bzw. nur in Teilen) offengelegt
  - Jede Menge undokumentierter Funktionen
  - Verwendung undokumentierter Funktionen
    oft notwendig oder hilfreich, aber risikoreich
- Änderungen jederzeit und ohne Vorwarnung möglich
  - GUIs müssen ständig aktuell gehalten werden.
  - Gilt für GUIs viel mehr als für den sonstigen Code

Hilfreiche Konzepte

- Gruppierung von Elementen
- Daten in einer GUI ablegen
- Status einer GUI speichern
- Scripting und Kommandozeile
- Hilfefenster in der GUI
- Für Fortgeschrittene: Java in Matlab

☛ Grundsätzlich (meist) nicht auf Matlab beschränkt

☛ Entstammen eigener mehrjähriger Erfahrung

Gruppierung von Elementen

- Warum?
  - Übersichtlichkeit
  - Nutzerführung
  - Vereinfachung komplexer GUIs
  - Gemeinsames An- und Abschalten (sichtbar/unsichtbar)
- Wie?
  1. Gruppenfelder (*Panels*)
     - Ggf. in Kombination mit Schaltflächen
     - Können übereinandergelegt werden
     - Schaltflächen zum Wechsel beliebig anzuordnen
  2. Registerkarten (Reiter, *Tabs*)
     - Bekannt von modernen Browsern
     - Offiziell von Matlab nicht unterstützt (undokumentiert)

Daten in einer GUI ablegen

- Welche Daten?
  - Datensätze, auf denen gearbeitet wird
  - Informationen über den Zustand der GUI
  - Ggf. Konfigurationseinstellungen für die GUI
- Wie ablegen? – Zwei Möglichkeiten
  1. globale Variablen
  2. in der GUI selbst – assoziiert mit dem Matlab-Fenster

     appdata beliebige Daten mit Fenster assoziieren

     guihandles Liste der „Handles“ einer GUI
- Hinweise zur Umsetzung
  - Versionsnummer für die appdata-Struktur
  - Struktur in eigener Routine zentral definieren

appdata – Beispiel für die Felder auf oberster Ebene

- `data` – Datensätze
- `configuration` – Konfiguration
- `control` – Zustand der GUI
  - `spectra` – aktiv, inaktiv, modifiziert, ...
  - `measure` – Messung von Punkten, Abständen, ...
  - `axis` – Achseneinstellungen
  - `system` – Informationen zum System
  - `dirs` – Verzeichnisse (Speichern, Laden, ...)
  - `mode` – Modus der GUI (scroll, scale, zoom, CMD, ...)
  - `cmd` – Informationen zur Kommandozeile (CMD)
  - `format` – Format der appdata
  - `status` – Statusmeldungen der GUI

Zustand einer GUI speichern

- Idee
  - Aktuellen Zustand inkl. aller Datensätze speichern
  - Später auf genau diesem Zustand weiterarbeiten
- Schwierigkeiten
  - Zustand kritisch von der Version einer GUI abhängig
  - Inkompatibilitäten können undefinierte Zustände erzeugen.
- Voraussetzungen
  - Versionierung der appdata-Struktur
  - Routine zur Sicherstellung der Abwärtskompatibilität
- Format
  - Im einfachsten Fall Matlab-Binärformat
  - Alternative: XML

Scripting und Kommandozeile

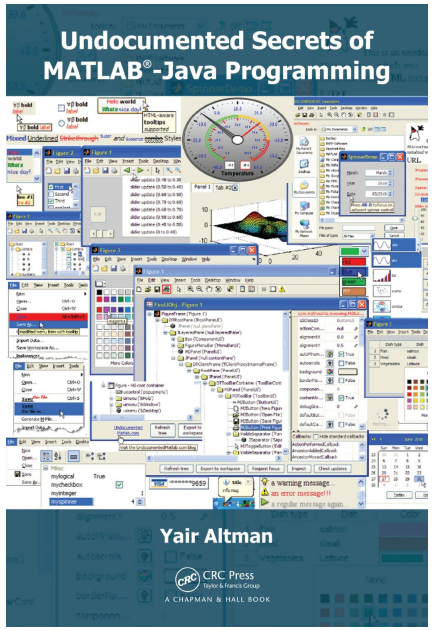
- Idee
  - Automatisierung von Bearbeitungsschritten
  - Steuerung der GUI (in Teilen) über Skripte
  - Kurzbefehle für komplexere Arbeitsabläufe
- Voraussetzungen
  - Trennung von Programmlogik und Anzeige
  - Konkret: separate Ereignisbehandlungsroutinen
  - Trennung von Programmlogik und Datenverarbeitung
- Hinweise zur Umsetzung
  - Befehle sauber dokumentieren
  - Hilfe zu Befehlen integrieren

Hilfefenster in der GUI

- Idee
  - Hilfe zur GUI in einem eigenen Fenster
  - Einfach zu erreichen (Shortcut, Symbol)
- Umsetzung
  - Eigenes Fenster
  - Kontextsensitiv (je nach aktiver Ansicht der GUI)
  - Hilfetexte in externen Dateien
- Erweiterung: Hilfetexte im HTML-Format
  - Voraussetzung: Zugriff auf Java-Elemente
  - Vorteil: Hilfetexte gleichzeitig in Matlab-Hilfe verwendbar

Für Fortgeschrittene: Java in Matlab

- Warum? – Beispiele
  - HTML-Hilfefenster
  - Formatierung von Text
  - Cursorposition im Textfeld (Beispiel: Statusfenster)
- Wie?
  - `findjobj` (File Exchange)
  - Java-Objekt direkt definieren



Blog von Yair Altman

`http://undocumentedmatlab.com/`

Textbasierte Nutzerschnittstellen (CLI)

- Relativ einfach zu implementieren.
- Lineare (festgelegte) Nutzerführung
- Notwendigkeit, alles textlich zu beschreiben

Grafische Nutzerschnittstellen (GUI)

- Oft schnellerer Zugang für den Gelegenheitsnutzer
- Wesentlich aufwendiger in der Programmierung
- Matlab: Festlegung auf ein kommerzielles Programm
- Plattformunabhängigkeit schwer zu gewährleisten

☛ Klare Abwägung: Lohnt sich der Aufwand wirklich?

Ausblick

Das war's. Wie geht's weiter?

UNI FREIBURG

So long, and thanks for all the fish.

Vorschau: Toolboxen

- Struktur von Matlab-Toolboxen
- Infrastruktur
  (Konfiguration, Installationsroutine, ...)

Vorschau: Programmentwicklung

- „Putting it all together“

Douglas Adams