B Einführung

1 Warum Systemprogrammierung I?

- Rasche Einarbeitung in spezielle Systeme
  - MVS, BS2000, VM, Solaris, Unix, Windows NT, Windows 95/98, MS/DOS
- Strukturierung komplexer Programmsysteme
  - Unterteilung in interagierende Komponenten
- Konzeption und Implementierung spezialisierter Systeme
  - Eingebettete Systeme *(Embedded Systems)*
  - Automatisierungssysteme
- Erstellung fehlertoleranter Systeme
- Verständnis für Abläufe im Betriebssystem
  - ökonomische Nutzung der Hardware
  - Laufzeitoptimierung anspruchsvoller Anwendungen

1.1 Phänomene der Speicherverwaltung

- Beispiel: Initialisierung von großen Matrizen
  - Variante 1:

```c
#define DIM 6000

int main()
{
    long i, j;
    static long matrix[DIM][DIM];

    for( i = 0; i < DIM; i++ )
        for( j = 0; j < DIM; j++ )
            matrix[i][j] = 1;

    return 0;
}
```


1.1 Phänomene der Speicherverwaltung (2)

- Beispiel: Initialisierung von großen Matrizen
  - Variante 2:

```c
#define DIM 6000

int main()
{
    long i, j;
    static long matrix[DIM][DIM];

    for( j = 0; j < DIM; j++ )
        for( i = 0; i < DIM; i++ )
            matrix[i][j] = 1;

    return 0;
}
```

  - Schleifen sind vertauscht

1.1 Phänomene der Speicherverwaltung (3)

- Messergebnisse (Sun UltraSparc 1, 128M Hauptspeicher)
  - ◆ Variante 1:
    Benutzerzeit= 3,69 sec; Systemzeit= 1,43 sec; Gesamtzeit= 22,03 sec
  - ◆ Variante 2:
    Benutzerzeit= 21,86 sec; Systemzeit= 2,33 sec; Gesamtzeit= 86,39 sec

- Ursachen
  - ◆ Variante 1 geht sequentiell durch den Speicher
  - ◆ Variante 2 greift versetzt ständig auf den gesamten Speicherbereich zu

Beispiel: **`matrix[4][4]`** und die ersten fünf Zugriffe

Variante 1	1	2	3	4	5											
Variante 2	1	5			2				3				4			

1.1 Phänomene der Speicherverwaltung (4)

- Ursachen
  - ◆ logischer Adressraum
    - benutzte Adressen sind nicht die physikalischen Adressen
    - Abbildung wird durch Hardware auf Seitenbasis vorgenommen (Seitenadressierung)
    - Variante 2 hat weniger Lokalität, d.h. benötigt häufig wechselnde Abbildungen
  - ◆ virtueller Speicher
    - möglicher Adressraum ist größer als physikalischer Speicher
    - auf Seitenbasis werden Teile des benötigten Speichers ein- und ausgelagert
    - bei Variante 2 muss viel mehr Speicher ein- und ausgelagert werden

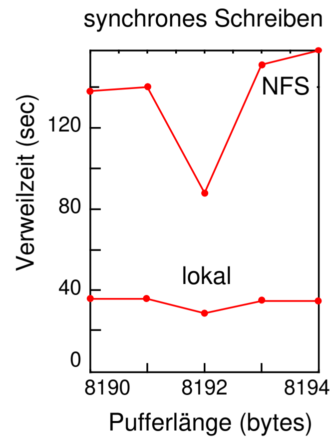
1.2 Phänomene des Dateisystems

- Beispiel: sequentielles Schreiben mit unterschiedlicher Pufferlänge

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#define BUFLEN 8191 /* 8192, 8193 */

int main()
{
    static char buffer[BUFLEN];
    int i, fd= open( "filename",
                    O_CREAT|O_TRUNC|O_WRONLY|O_SYNC,
                    S_IRUSR|S_IWUSR );

    for( i= 0; i < 1000; i++ )
        write( fd, buffer, BUFLEN );

    return 0;
}
```


1.2 Phänomene des Dateisystems (2)

- Messergebnisse



1.2 Phänomene des Dateisystems (3)

- Ursachen
  - ◆ synchrones Schreiben erfordert sofortiges Rausschreiben der Daten auf die Platte
    - nötig beispielsweise, wenn hohe Fehlertoleranz gefordert wird
    - Daten auf der Platte sindimmer auf dem neuesten Stand
  - ◆ bereits kleine Abweichungen von der Blockgröße erfordern zusätzliche Blocktransfers
    - 8192 ist (hier) ein Vielfaches der Blockgröße der Plattenblöcke
    - nur Puffer mit diesem Vielfachen an Bytes können mit einem Ruck geschrieben werden

2 Überblick über die Vorlesung

★ Inhaltsübersicht

A. Organisation
B. Einführung
C. Dateisysteme
D. Prozesse und Nebenläufigkeit
E. Speicherverwaltung
F. Implementierung von Dateien
G. Ein-, Ausgabe
H. Verklemmungen
I. Datensicherheit und Zugriffsschutz

3 Was sind Betriebssysteme?

- DIN 44300
  - ◆ „...die Programme eines digitalen Rechensystems, die zusammen mit den Eigenschaften der Rechenanlage die **Basis der möglichen Betriebsarten** des digitalen Rechensystems bilden und die insbesondere die **Abwicklung von Programmen steuern und überwachen.**“
- Tanenbaum
  - ◆ „...eine Software-Schicht ..., die alle Teile des Systems verwaltet und dem Benutzer eine Schnittstelle oder eine *virtuelle Maschine* anbietet, die einfacher zu verstehen und zu programmieren ist [als die nackte Hardware].“

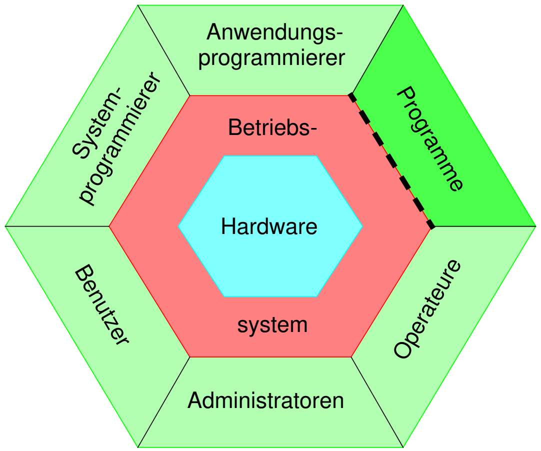
3 Was sind Betriebssysteme? (2)

- Silberschatz/Galvin
  - ◆ „... ein Programm, das als Vermittler zwischen Rechnernutzer und Rechner-Hardware fungiert. Der Sinn des Betriebssystems ist eine Umgebung bereitzustellen, in der Benutzer bequem und effizient Programme ausführen können.“
- Brinch Hansen
  - ◆ „... der Zweck eines Betriebssystems [liegt] in der Verteilung von Betriebsmitteln auf sich bewerbende Benutzer.“

★ Zusammenfassung
  - ◆ Software zur Betriebsmittelverwaltung
  - ◆ Bereitstellung von Grundkonzepten zur statischen und dynamischen Strukturierung von Programmsystemen

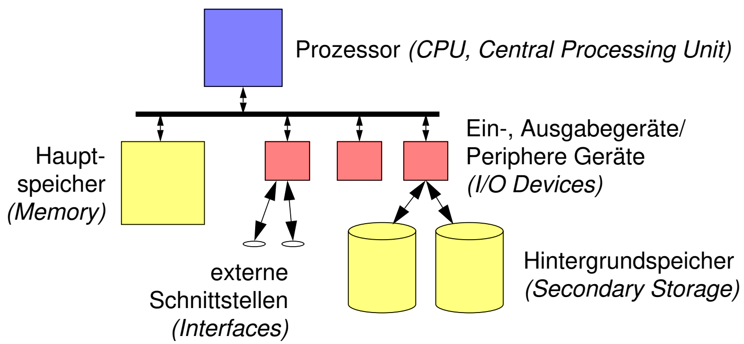
3 Was sind Betriebssysteme? (3)

- strukturelle Einordnung



3.1 Verwaltung von Betriebsmitteln

- Hardware-Betriebsmittel eines Rechners



3.1 Verwaltung von Betriebsmitteln (2)

- resultierende Aufgaben
  - ◆ Multiplexen von Betriebsmitteln für mehrere Benutzer bzw. Anwendungen
  - ◆ Schaffung von Schutzumgebungen

- Ermöglichen einer koordinierten gemeinsamen Nutzung von Betriebsmitteln, klassifizierbar in
  - ◆ aktive, zeitlich aufteilbare (Prozessor)
  - ◆ passive, nur exklusiv nutzbare (periphere Geräte, z.B. Drucker u.Ä.)
  - ◆ passive, räumlich aufteilbare (Speicher, Plattenspeicher u.Ä.)

- Unterstützung bei der Fehlererholung

3.2 Schnittstellen

- Betriebssystem soll helfen, Benutzervorstellungen auf die Maschinengegebenheiten abzubilden
  - ◆ Bereitstellung geeigneter Abstraktionen und Schnittstellen für

    Benutzer:
    Dialogbetrieb, graphische Benutzeroberflächen

    Anwendungsprogrammierer:
    Programmiersprachen, Modularisierungshilfen, Interaktionsmodelle (Programmiermodell)

    Systemprogrammierer:
    Werkzeuge zur Wartung und Pflege

    Operateure:
    Werkzeuge zur Gerätebedienung und Anpassung von Systemstrategien

3.2 Schnittstellen (2)

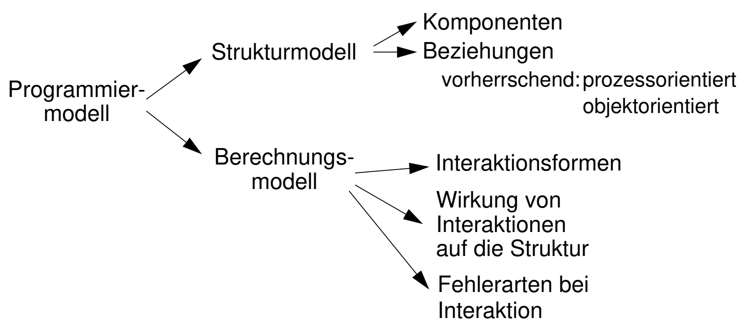
Administratoren:
Werkzeuge zur Benutzerverwaltung, langfristige Systemsteuerung

Programme:
„*Supervisor Calls* (SVC)“,
„*Application Programmer Interface* (API)“

Hardware:
Gerätetreiber

3.3 Programmiermodelle

- Betriebsystem realisiert ein Programmiermodell
  - keine Notwendigkeit genauer Kenntnisse über Hardwareeigenschaften und spezielle Systemsoftwarekomponenten
  - Schaffung einer begrifflichen Basis zur Strukturierung von Programmsystemen und ihrer Ablaufsteuerung



3.3 Programmiermodelle (2)

- Beispiele für Strukturkomponenten
  - Klassen (Vorlagen zur Bildung von Instanzen)
  - Instanzen/Objekte
  - Prozeduren
  - Dateien (Behälter zur langfristigen Speicherung von Daten)
  - Prozesse (in Ausführung befindliche Programme)
    - besser: *Prozessinkarnationen*
  - “Buchsen” (Kommunikationsendpunkte; *sockets*)
  - “Röhren” (Nachrichtenkanäle; *pipes*)
- Beispiele für Beziehungen
  - A kann B referenzieren, beauftragen, aufrufen, modifizieren
  - Röhre R verbindet A und B

3.3 Programmiermodelle (3)

- Beispiele für Interaktionsformen
  - Prozedur-(Methoden-)Aufruf
  - Nachrichtenaustausch
  - Gemeinsame Speichernutzung
- Wirkung von Interaktionen auf die Struktur
  - Erzeugung und Tilgung von Prozessen
  - Instanziierung von Objekten
- Fehlerarten bei Interaktion
  - Verlust, Wiederholung oder Verspätung von Nachrichten
  - Abbruch aufgerufener Methoden, Ausnahmebehandlung

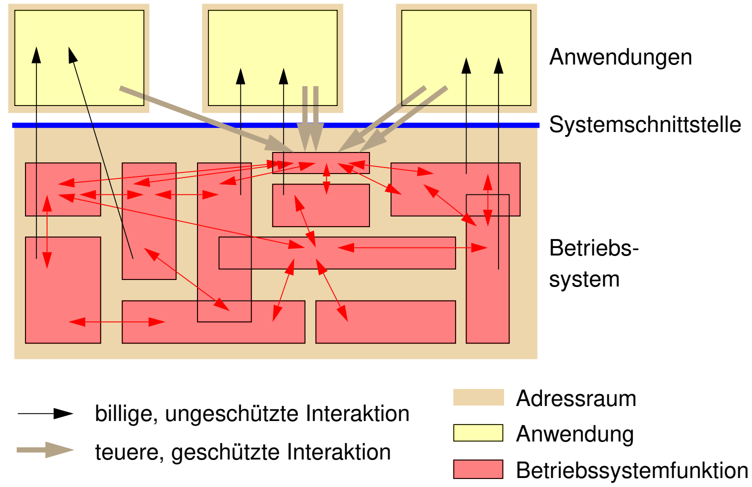
3.4 Ablaufmodelle

- Betriebssystem realisiert eine Ablaufumgebung
- Bereitstellung von Hilfsmitteln zur Bearbeitung von Benutzerprogrammen und zur Steuerung ihrer Abläufe
  - Laden, Starten (ggf. auch Stoppen und Fortführen) von Programmen
  - Überwachung des Programmablaufs
  - Beenden und Eliminieren von Programmen
  - Abrechnung *(Accounting)*

4 Betriebssystemarchitekturen

- Umfang zehntausende bis mehrere Millionen Befehlszeilen
  - Strukturierung hilfreich
- Verschiedene Strukturkonzepte
  - monolithische Systeme
  - geschichtete Systeme
  - Minimalkerne
  - offene objektorientierte Systeme

4.1 Monolithische Systeme

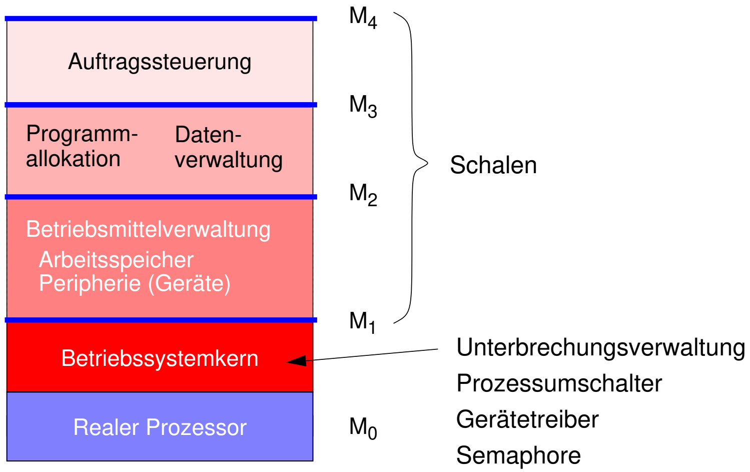


4.1 Monolithische Systeme (2)

★ Vorteile
- effiziente Kommunikation und effizienter Datenzugriff innerhalb des Kerns
- privilegierte Befehle jederzeit ausführbar

▲ Nachteile
- keine interne Strukturierung (änderungsunfreundlich, fehleranfällig)
- kein Schutz zwischen Kernkomponenten (Problem: zugekaufte Treiber)

4.2 Geschichtete Systeme



4.2 Geschichtete Systeme (2)

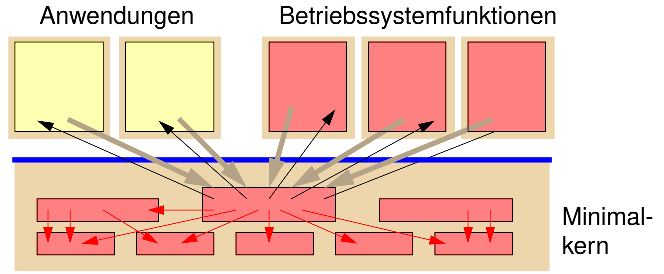
★ Vorteile

- ◆ Schutz zwischen verschiedenen BS-Teilen
- ◆ interne Strukturierung

▲ Nachteile

- ◆ mehrfacher Schutzraumwechsel ist zeitaufwendig
- ◆ unflexibler und nur einseitiger Schutz (von unten nach oben)

4.3 Minimalkerne



- billige, ungeschützte Interaktion
- zeitaufwendige, geschützte Interaktion
- Adressraum
- Anwendung
- Betriebssystemfunktion

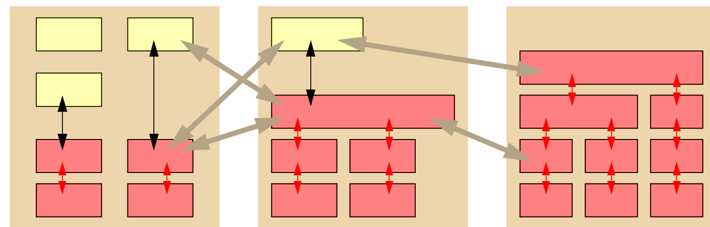
★ Vorteile

- ◆ gute Modularisierung
- ◆ Schutz der Komponenten voreinander

▲ Nachteil

- ◆ Kommunikation zwischen Modulen ist zeitaufwendig

4.4 Objektbasierte, offene Systeme



- schnelle, durch Objektkapselung geschützte Interaktion
- langsame, durch Adressraumgrenze geschützte Interaktion
- Adressraum
- Anwendungsobjekte
- Betriebssystemobjekte

■ Sicherung der Modulgrenzen durch Programmiermodell und Software

- ◆ z.B. Objektorientierung und Byte-Code-Verifier in Java

4.4 Objektbasierte, offene Systeme (2)

★ Vorteile

◆ Schutz auf mehreren Ebenen (Sprache, Code-Prüfung, Adressraum)

◆ Modularisierung und Effizienz möglich

▲ Nachteile

◆ komplexes Sicherheitsmodell

5 Geschichtliche Entwicklung

5.1 1950–1960

1950

◆ einströmige Stapelsysteme
(Single-stream batch processing systems)
Aufträge zusammen mit allen Daten werden übergeben und sequentiell bearbeitet

◆ Steuerung durch Auftragsabwickler
(Resident monitor, Job monitor)
Hilfsmittel: Assembler, Übersetzer (*Compiler*), Binder und Lader; Programmbibliotheken

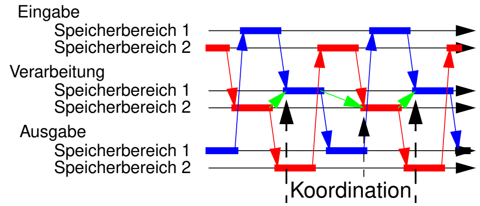
1960

5.2 1960–1965

1960

◆ autonome periphere Geräte
➔ eine Überlappung von Programmbearbeitung und Datentransport zwischen Arbeitsspeicher und peripheren Geräten möglich

- Wechselpufferbetrieb (abwechselndes Nutzen zweier Puffer)



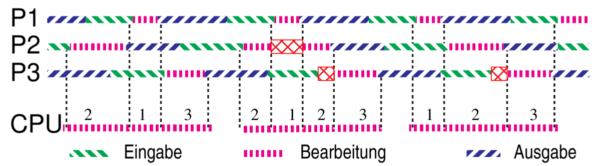
1965

5.2 1960-1965 (2)

1960

◆ autonome periphere Geräte (Forts.)

- Mehrprogrammbetrieb *(Multiprogramming)*



- Spooling (*Simultaneous peripheral operation on-line)*

◆ mehrere Programme müssen gleichzeitig im Speicher sein ➔ Auslagern von Programmen auf Sekundärspeicher

◆ Programme müssen während des Ablaufs verlagerbar sein *(Relocation problem)*

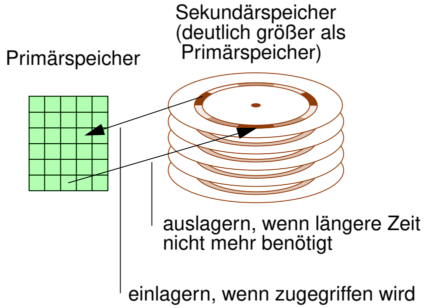
◆ Echtzeitdatenverarbeitung *(Real-time processing)*, d.h. enge Bindung von Ein- und Ausgaben an die physikalische Zeit

1965

5.3 1965–1970

1965
OS/360
THE
MULTICS
UNIX
1970

- Umsetzung von Programmadressen in Speicherorte zur Laufzeit: Segmentierung, Seitenadressierung *(Paging)*
- virtueller Adressraum: Seitentausch *(Paging)*
  Seiten werden je nach Zugriff ein- und ausgelagert



5.3 1965-1970 (2)

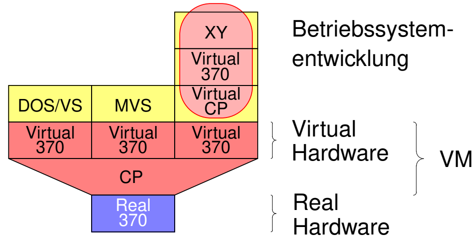
1965
OS/360
THE
MULTICS
UNIX
1970

- interaktiver Betrieb *(Interactive processing, Dialog mode)*
- Mehrbenutzerbetrieb, Teilnehmersysteme *(Time sharing)*
- Problem: Kapselung von Prozessen und Dateien ➔ geschützter Adressraum, Zugriffsschutz auf Dateien
- Dijkstra: Programmsysteme als Menge kooperierender Prozesse (heute *Client-Server*)
- Problem: Prozessinteraktion bei gekapselten Prozessen ➔ Nachrichtensysteme zur Kommunikation, gemeinsamer Speicher zur Kooperation

5.4 1970–1975

1970
VM
Hydra
MVS
1975

- Modularisierung:
  Datenkapselung, Manipulation durch Funktionen (nach Parnas)
- virtuelle Maschinen: Koexistenz verschiedener Betriebssysteme im gleichen Rechner

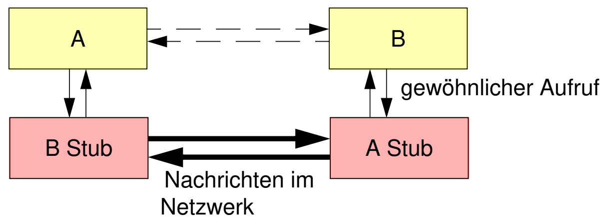


- symmetrische Multiprozessoren: HYDRA
  - Zugangskontrolle zu Instanzen durch *Capabilities*
  - Trennung von Strategie und Mechanismus

5.5 1975–1985

1975
LOCUS
1980
MS-DOS
NC
EDEN
1985

- Vernetzung, Protokolle (z.B. TCP/IP)
- Verteilte Systeme
- Newcastle Connection
- Fernaufruf *(Remote procedure call, RPC)*



5.6 1985–1999

1985
OS/2
Mach 3.0
1990
Windows
Spring
Win NT
1995

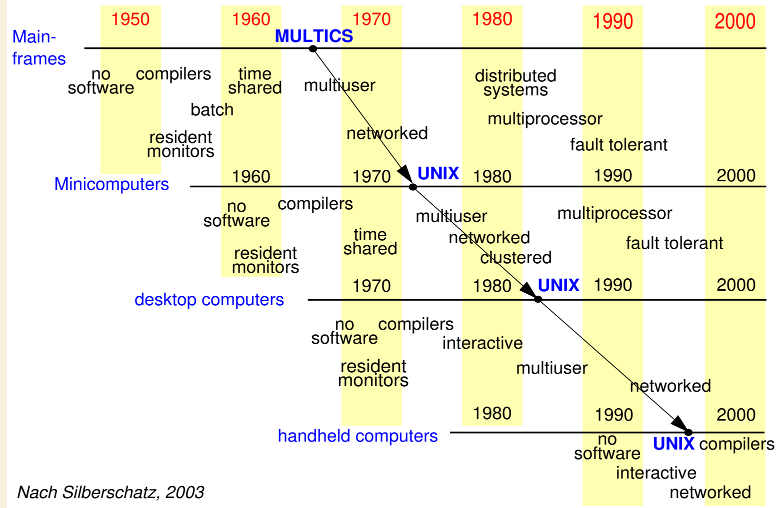
- Kryptographie
- Authentifizierung und Authentisierung
- Objektorientierte Systeme
- Parallele Systeme
- Mikrokerne
- objektorientierte Mikrokerne
- Internet, Multimedia

5.7 1995–1999

1995
SPIN
Exokernel
L4
Linux
1999

- Echtzeitscheduling in Standardbetriebssystemen
- 64bit-Adressierung

5.8 Migration von Konzepten



Nach Silberschatz, 2003

5.9 UNIX Entwicklung