Aufruf von Maple. Auf den Unix-Rechnern der Fakultät durch:

```
xmaple
```

Auf Windows-Rechnern (zum Beispiel im Rechenzentrum) entweder über das entsprechende Icon, oder über **Start - Programme.**

Für die Algorithmen der Linearen Algebra ist es erforderlich, zuerst einzugeben:

```
> with(linalg);
```

Die Eingabe einer Matrix erfolgt am besten durch die Angabe der Zeilen, zum Beispiel kann die Matrix

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

folgendermaßen eingegeben werden:

```
> A:= matrix([[1,2,3,4],[1,0,1,0],[0,0,0,0]]);
```

Bestimmung einer Zeilenstufenform:

```
> B:= gausselim(A);
```

Elementare Zeilenumformungen können auch einzeln durchgeführt werden:

```
> B:= addrow(A,2,1,7);
```

addiert das 7-fache der zweiten Zeile der Matrix A zur ersten Zeile dieser Matrix (die neue Matrix heißt B).

```
> C:=swaprow(B,2,3);
```

vertauscht die zweite und die dritte Zeile der Matrix B (die neue Matrix heißt C).

```
> A3:=mulrow(B,2,9);
```

multipliziert die zweite Zeile der Matrix B mit 9 (die neue Matrix heißt $A3$).

Die entsprechenden Befehle für Spaltenoperationen heißen:

```
addcol(A,2,1,7);     swapcol(A,2,3);     mulcol(A,2,9);
```

dabei ist A die gegebene Matrix, mit der gearbeitet wird.

Zahlen-Eingabe: Immer ganze Zahlen (2, 17, -23) oder Brüche (2/3, 17/9, -3/10) eingeben, bitte keine Dezimalzahlen (wie 0.3 oder 17.0) verwenden. *Eingabe von Dezimalzahlen führt dazu, daß Maple nicht genau rechnet, sondern rundet.*

Eingabe-Korrektur: Mit den Cursor-Tasten an die gewünschte Stelle gehen, dort korrigieren und dann diese Zeile (und alle folgenden Zeilen, die gebraucht werden) durch Verwendung der Enter-Taste aktualisieren.

Wichtig. Jede Zeile in Maple ist durch ein Semikolon ; abzuschließen, danach ist die Enter-Taste zu betätigen.

Verwendung von Variablen. Bei der Eingabe von Koeffizienten einer Matrix können nicht nur rationale Zahlen eingegeben werden, sondern auch Namen von Variablen, zum Beispiel `A:= matrix([[a,b],[c,d]])`, oder auch kompliziertere Ausdrücke wie `B:= matrix([[2*a-1,0],[c^2+c,c*d]])`. Man kann dann später diese Variablen auswerten. Setzt man etwa `c:=3;` so erhält man für B das gleiche wie bei `matrix([[2*a-1,0],[12,3*d]])`.

Eingabe eines Vektors: Durch

```
> vector([1,0,1,2,3]);
```

wird der Vektor $[1 \quad 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3]$ eingegeben.
(**Warnung:** Maple schreibt einen **Zeilen**vektor, betrachtet ihn aber gegebenenfalls als **Spalten**vektor!)

Lösen linearer Gleichungssyteme:

```
> linsolve (A,b);
```

Liefert die Lösungen des Gleichungssystems $Ax = b$, dabei ist A eine Matrix und b ein Vektor.

Man kann natürlich auch mit vielen einzelnen Zeilenumformungen arbeiten (um im Auge zu behalten, wo numerische Rechnungen zu Schwierigkeiten führen können). Bei derartigen Überlegungen ist folgender Befehl hilfreich:

```
> pivot(A,i,j);
```

Hier wird vorausgesetzt, daß der (i,j)-Koeffizient der Matrix A nicht Null ist. Es wird zu allen Zeilen mit Zeilenindex $i' \neq i$ ein Vielfaches der i-ten Zeile addiert, um zu erreichen, daß der (i',j)-Koeffizient verschwindet.

Zum Arbeiten mit Matrizen:

```
> diag(A,B);
```

$$\left[\begin{array}{c:c} A & 0 \\ \hdashline 0 & B \end{array}\right]$$

Gegeben ist eine $(n \times n)$-Matrix A und eine $(m \times m)$-Matrix B. Was man erhält, ist eine $((n+m) \times (n+m))$-Matrix mit A und B auf der Diagonalen.

```
> concat(A,B);
```

$$\left[\begin{array}{c:c} A & B \end{array}\right]$$

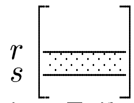
Die beiden Matrizen A und B (mit gleicher Zeilenzahl) werden horizontal nebeneinander gesetzt.

```
> stack(A,B);
```

$$\left[\begin{array}{c} A \\ \hdashline B \end{array}\right]$$

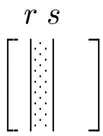
Die beiden Matrizen A und B (mit gleicher Spaltenzahl) werden vertikal untereinander gesetzt.

```
> delrows(A,r..s);
```



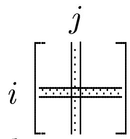
Die Zeilen $r \leq i \leq s$ der Matrix A werden entfernt. (Auch wenn nur eine Zeile entfernt werden soll, etwa die zweite, darf man auf die Punkte nicht verzichten, man schreibt also: `delrows(A,2..2);`).

```
> delcols(A,r..s);
```



Die Spalten $r \leq i \leq s$ der Matrix A werden entfernt.

```
> minor(A,i,j);
```



Liefert den (i, j)-Minor, also die Matrix A_{ij}, die aus A durch Entfernen der i-ten Zeile und der j-ten Spalte entsteht.

Die **Transponierte** ${}^tA$ von A erhält man durch:

```
> transpose(A);
```

Zum Rechnen mit Matrizen (Das `m` in `evalm` steht für **Matrix**-Auswertung):

Addition der Matrizen A und B:

```
> evalm(A+B);
```

Skalarmultiplikation, jeder Koeffizient von A wird mit c multipliziert:

```
> evalm(A*c);
```

Multiplikation der Matrizen A und B (ein seltsames Multiplikationszeichen!)

```
> evalm(A &* B);
```

Potenzieren. Um zum Beispiel die dritte Potenz A^3 der Matrix A zu erhalten:

```
> evalm(A^3);
```

Invertieren. Um A^{-1} zu erhalten (falls die Matrix A nicht invertierbar ist, erfolgt eine Fehlermeldung):

```
> inverse(A);
```

Die **Determinante** der Matrix A erhält man durch:

```
> det(A);
```

Die **Spur** von A durch:

```
> trace(A);
```

Den **Rang** der Matrix A:

```
> rank(A);
```

Die zu A **komplementäre** (oder "adjungierte") Matrix $A^\sharp$ (also die Matrix mit den Koeffizienten $a'_{ij} = (-1)^{i+j} \det A_{ji}$) erhält man durch den folgenden Befehl:

```
> adjoint(A);
```