**Relationen**

Aus den Paaren (x/y) einer Produktmenge A x B als Grundmenge kann man durch eine Vorschrift bzw. Bedingung (z. B. in Form eines Satzes, einer Bedingung, einer Gleichung oder Ungleichung) die Zahlenpaare (x/y) aussortieren, die die Bedingung erfüllen. „Erfüllen“ bedeutet, dass **beim Belegen der Vorschrift mit einem Zahlenpaar eine wahre Aussage entsteht.**  
  
Beispiel:   
  
Welche Zahlenpaare (x/y) der Grundmenge A x B mit A = {1; 2; 3} und B = {1; 2; 3; 4; 5} erfüllen die   
Vorschrift 5x + 3y < 20 ?

Als Grundmenge erhält man die Zahlenpaare

{(1/1); (1/2); (1/3); (1/4); (1/5);   
 (2/1); (2/2); (2/3); (2/4); (2/5);   
 (3/1); (3/2); (3/3); (3/4); (3/5)}

Die Ungleichung 5x + 3y < 20 wirkt wie ein Sieb oder ein Filter: Belegt man sie der Reihe nach mit allen Paaren der Grundmenge, erhält man wahre und falsche Aussagen.

(1/1) einsetzen: 5 ⋅ 1 + 3 ⋅ 1 < 20 8 < 20 (w)

(1/2) einsetzen: 5 ⋅ 1 + 3 ⋅ 2 < 20 11 < 20 (w)   
…

(2/3) einsetzen: 5 ⋅ 2 + 3 ⋅ 3 < 20 19 < 20 (w)

(2/4) einsetzen: 5 ⋅ 2 + 3 ⋅ 4 < 20 22 < 20 (f)

(2/5) einsetzen: 5 ⋅ 2 + 3 ⋅ 5 < 20 25 < 20 (f)

(3/1) einsetzen: 5 ⋅ 3 + 3 ⋅ 1 < 20 18 < 20 (w)

(3/2) einsetzen: 5 ⋅ 3 + 3 ⋅ 2 < 20 21 < 20 (f)  
(3/3) einsetzen: 5 ⋅ 3 + 3 ⋅ 3 < 20 24 < 20 (f)

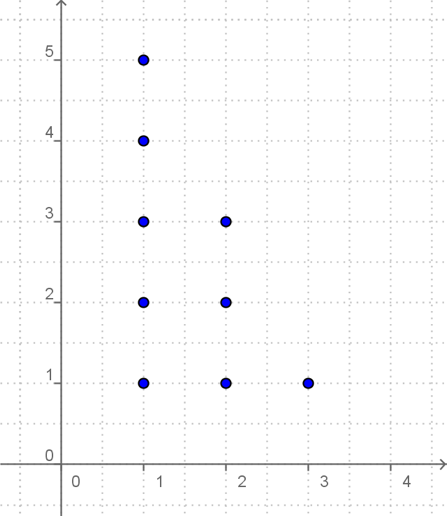
…  
  
Die Zahlenpaare, die zu **wahren Aussagen** führen, bilden die **Lösungsmenge** der Ungleichung.

**Lösungsmenge**: L = {(1/1); (1/2); (1/3); (1/4) (1/5); (2/1); (2/2); (2/3); (3/1)}

Eine auf diese Art entstandene Menge bekommt nun einen besonderen Namen:

**Definition:** **Die Lösungsmenge einer Vorschrift mit zwei Variablen heißt Relation. Sie besteht aus geordneten Paaren**. Die Vorschrift heißt **Relationsvorschrift.**

**Darstellung von Relationen**

Die Zahlenpaare von Relationen können unterschiedlich dargestellt werden:

* in beschreibender Form; hier sieht man allerdings die Paare nicht:  
  R ={(x/y) | 5x + 3y < 20} mit G = {1; 2; 3} x {1; 2; 3; 4; 5}.
* in aufzählender Form: R = {(1/1); (1/2); (1/3); (1/4) (1/5); (2/1); (2/2);   
   (2/3); (3/1)}
* in Tabellenform als Wertetabelle:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| y | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 1 |

* durch Punkte im Koordinatensystem als Graph:

**Beispiel 2:** Ermittle die Paare der Relation R mit der Vorschrift x ⬝ y = 12 und der Grundmenge G = N x N.

Grundmenge sind alle Paare (x/y) natürlicher Zahlen. Obwohl diese Produktmenge unendlich viele Zahlenpaare enthält, führen nur wenige davon in der Vorschrift x ⬝ y = 12 zu einer wahren Aussage.

Nach kurzem Probieren findet man die Lösungsmenge bzw. die Relation und kann sie angeben:

R= { (1/12); (2/6); (3/4); (4/3); (6/2); (12/1) }

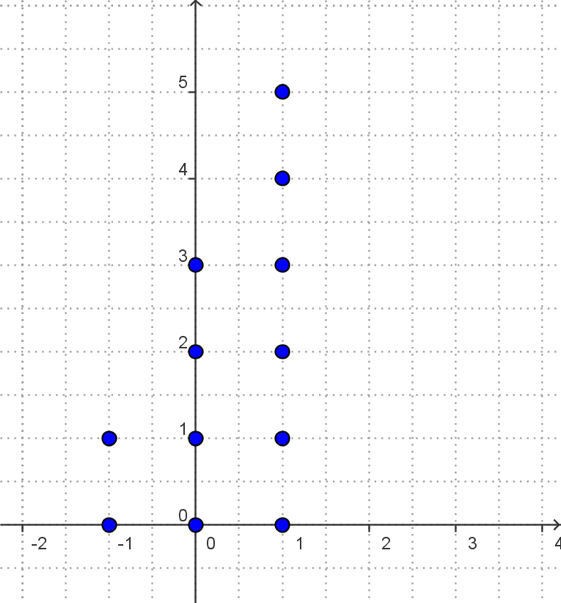
**Ermitteln der Zahlenpaare von Relationen**

Meist sind die Paare einer Relation nicht so leicht wie im Beispiel x ⬝ y = 12 durch Probieren zu finden. Es empfiehlt sich daher, systematisch in folgenden Schritten vorzugehen:

1. Löse die Relationsvorschrift nach y auf, falls diese nicht schon so gegeben ist.
2. Belege x mit einer Zahl aus der Grundmenge für x und berechne dazu eine Bedingung für y.
3. Suche in der Grundmenge für y alle Zahlen, die die Bedingung erfüllen. Jede dieser Zahlen liefert zusammen mit der verwendeten Belegung von x ein Paar (x/y) der Relation. Gibt es keinen y-Wert,   
   der die Bedingung erfüllt, dann gibt es zu der verwendeten Belegung von x auch kein Paar.
4. Führe die Schritte 1-3 dann für alle Zahlen aus der Grundmenge für x durch.

**Beispiel 3**: Ermittle die Paare der Relation R: y < 2x + 4 mit der Grundmenge G = [-2; 1]Z x N0. Gib R in aufzählender Form an und zeichne den Graph.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Belegung für x** | **Bedingung für y** | **Zahlenpaare** |
| x = -2 | y < 2 · (-2) + 4 ; y < 0 | In N0 gibt es kein solches y 🡪 kein Paar |
| x = -1 | y < 2 · (-1) + 4 ; y < 2 | (-1/0) ; (-1/1) |
| x = 0 | y < 2 · 0 + 4 ; y < 4 | (0/0) ; (0/1) ; (0/2) ; (0/3) |
| x = 1 | y < 2 · 1 + 4 ; y < 6 | (1/0) ; (1/1) ; (1/2) ; (1/3) ; (1/4) ; (1/5) |



R = {(-1/0) ; (-1/1) ; (0/0) ; (0/1) ; (0/2) ; (0/3) ; (1/0) ; (1/1) ;

(1/2) ; (1/3) ; (1/4) ; (1/5)}

**Definitions- und Wertemenge von Relationen**

Oft enthalten die Paare einer Relation nicht alle Elemente, die in den Grundmengen für x bzw. y zur Verfügung stehen. Die x- bzw. y-Werte aus den Grundmengen, die tatsächlich in den Paaren der Relation vorkommen, werden mit besonderen Namen zusammengefasst:

**Definition:** Alle **in den Paaren einer Relation vorkommenden x-Werte** bilden die **Definitionsmenge D** der Relation, alle **in den Paaren einer Relation vorkommenden y-Werte** bilden die **Wertemenge W** der Relation.

In dem oben bearbeiteten Beispiel 2 gilt damit: D = { -1 ; 0 ; 1 } und W = { 0 ; 1; 2 ; 3 ; 4 ; 5 }