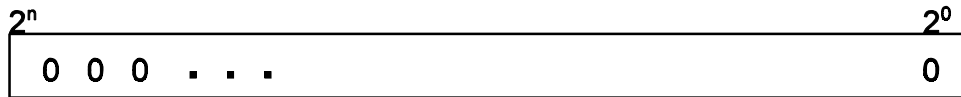


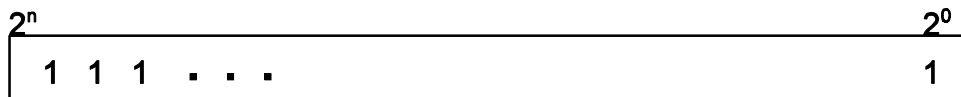
## Darstellung natürlicher und ganzer Binärzahlen

### a) vorzeichenlose (natürliche) Zahlen (unsigned)

**Die kleinste Zahl: 0**



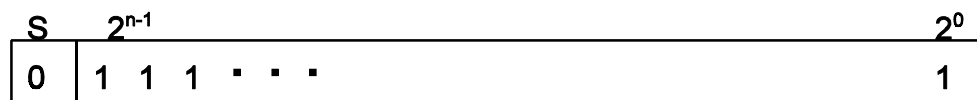
**Die größte Zahl:  $2^n-1$**



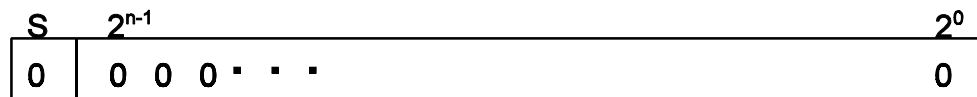
### b) vorzeichenbehaftete (ganze) Zahlen (signed numbers; Integers)

#### 1. Vorzeichen und Wert (sign/magnitude)

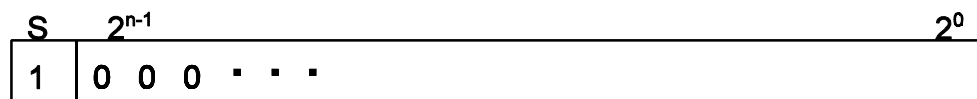
**Die größte positive Zahl:  $2^{n-1}-1$**



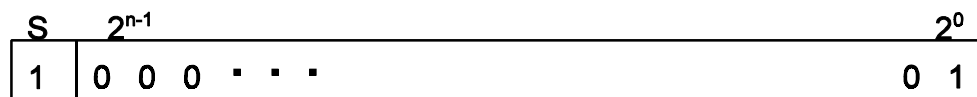
**Die positive Null**



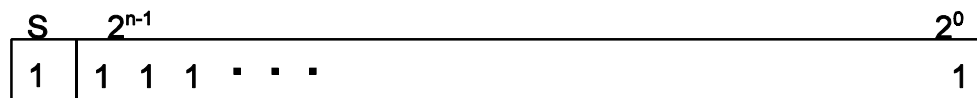
**Die negative Null**



**Die größte negative Zahl: -1**



**Die kleinste negative Zahl:  $-2^{n-1}-1$**



## 2. Einerkomplement (one's complement)

Die größte positive Zahl:  $2^{n-1}-1$

S	$2^{n-1}$	$2^0$
0	1 1 1 ···	1

Die positive Null

S	$2^{n-1}$	$2^0$
0	0 0 0 ···	0

Die negative Null

S	$2^{n-1}$	$2^0$
1	1 1 1 ···	1 1

Die größte negative Zahl: -1

S	$2^{n-1}$	$2^0$
1	1 1 1 ···	1 0

Die kleinste negative Zahl:  $-2^{n-1}-1$

S	$2^{n-1}$	$2^0$
1	0 0 0 ···	0

## 3. Zweierkomplement

Die größte positive Zahl:  $2^{n-1}-1$

S	$2^{n-1}$	$2^0$
0	1 1 1 ···	1

Die Zahl Null

S	$2^{n-1}$	$2^0$
0	0 0 0 ···	0

Die größte negative Zahl: -1

S	$2^{n-1}$	$2^0$
1	1 1 1 ···	1

Die kleinste negative Zahl:  $-2^{n-1}$

S	$2^{n-1}$	$2^0$
1	0 0 0 ···	0

## Rechnen mit Vorzeichen und Wert

### a) Addition

$a + b$	$= a + b$	$5 + 3 = 8$
$a + -b$	$= a - b, \text{ wenn } a > b$ $= -(b - a), \text{ wenn } a < b$	$5 + -3 = 5 - 3 = 2$ $3 + -5 = -(5 - 3) = -2$
$-a + b$	$= b - a, \text{ wenn } a < b$ $= -(a - b), \text{ wenn } a > b$	$-3 + 5 = 5 - 3 = 2$ $-5 + 3 = -(5 - 3) = -2$
$-a + -b$	$= -(a + b)$	$-5 + -3 = -(5 + 3) = -8$

#### Rechenregeln:

*gleiche Vorzeichen:* Beträge addieren. Summe hat das gemeinsame Vorzeichen.

*verschiedene Vorzeichen:* den kleineren Betrag vom größeren subtrahieren. Differenz hat das Vorzeichen der betragsmäßig größeren Zahl.

### b) Subtraktion

$a - b$	$= a - b, \text{ wenn } a > b$ $= -(b - a), \text{ wenn } a < b$	$5 - 3 = 2$ $3 - 5 = -(5 - 3) = -2$
$a - -b$	$= a + b$	$3 - -5 = 3 + 5 = 8$
$-a - b$	$= -(a + b)$	$-5 - -3 = -(5 + 3) = -8$
$-a - -b$	$= -a + b = b - a, \text{ wenn } a < b$ $= -(a - b), \text{ wenn } a > b$	$-3 - -5 = 5 - 3 = 2$ $-5 - -3 = -(5 + 3) = -2$

#### Rechenregeln:

der Subtrahend wird mit entgegengesetztem Vorzeichen zum Minuenden addiert.

ein positiver Subtrahend wird subtrahiert, ein negativer addiert.

Subtraktion: der kleinere Betrag wird vom größeren subtrahiert. Das Vorzeichen des Ergebnisses entspricht dem Vorzeichen des größeren Betrags. Wurde die Operandenfolge vertauscht, so ändert sich das Vorzeichen.

#### Vorzeichen/

**Wert:** zwei Nullen, Wertebereich symmetrisch, Rechtsverschiebung entspricht Division durch 2 für alle 4 Grundrechenarten geeignet, komplizierte Vorzeichenauswertung, einfacher Vorzeichenwechsel.

**Einerkomplement:** zwei Nullen, Wertebereich symmetrisch, Rechtsverschiebung entspricht Division durch 2, Vorzeichenwechsel = bitweise Negation (Komplementbildung stellenweise), Ausgangsübertrag muß hinzuaddiert werden.

**Zweierkomplement:** eine Null, Wertebereich asymmetrisch, Rechtsverschiebung entspricht nur bei positiven Zahlen der Division durch 2, Vorzeichenwechsel kompliziert (bitweise Negation + 1; Komplementbildung bezieht alle Stellen ein); Ausgangsübertrag darf vernachlässigt werden.