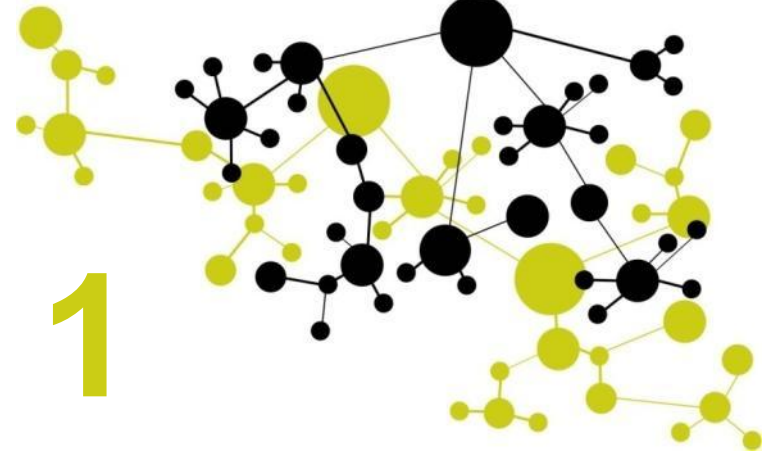


# SimplyNano 1

Experimentierkoffer zur Nanotechnologie



## Atomic-Force-Microscope (AFM) aus LEGO® Bausteinen

Bauanleitung & Gebrauchsanleitung

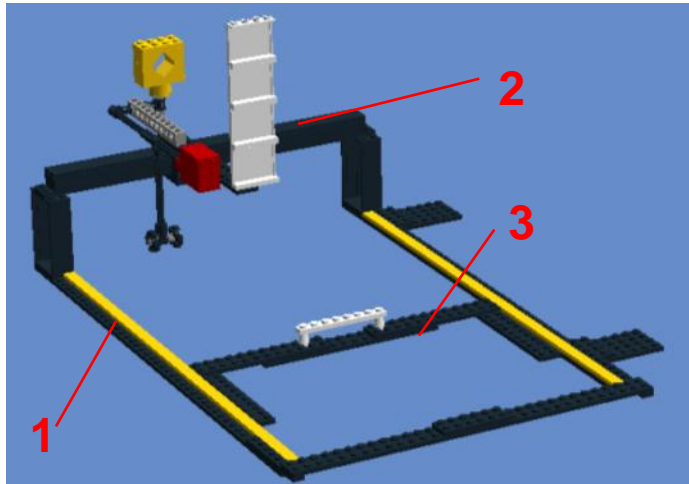
Herausgegeben von:



Entwickelt von:



## Vorschau:



## Empfohlenes Vorgehen:

1. Beutel mit den Bauteilen öffnen und prüfen, ob alle Teile vorhanden sind. Sollten gewisse Bauteile fehlen, können diese direkt bei SimplyScience nachbestellt werden. Gesamtübersicht Bauteile: S. 3.
2. Alle Bauteile sortieren und übersichtlich auslegen.
3. Montage des AFM gemäss folgender Bauanleitung. In der Bauanleitung wird das AFM in drei Grundelemente aufgeteilt: Teil 1 Grundelement (vgl. S. 4 ff.). Teil 2: Scanner (vgl. S. 16 ff.). Teil 3: Scannerschlitten (vgl. S. 27 ff.). Die drei Grundelemente werden zuletzt miteinander verbunden.
4. Montage des Laserpointers (vgl. S. 29): Der Laserpointer wird erst unmittelbar vor der Verwendung des AFM eingebaut und soll danach wieder entfernt werden. **Sicherheitsvorschriften beachten!**
5. Anwendung des AFM und der AFM Software gemäss der Gebrauchsanleitung (vgl. S. 32 ff.).

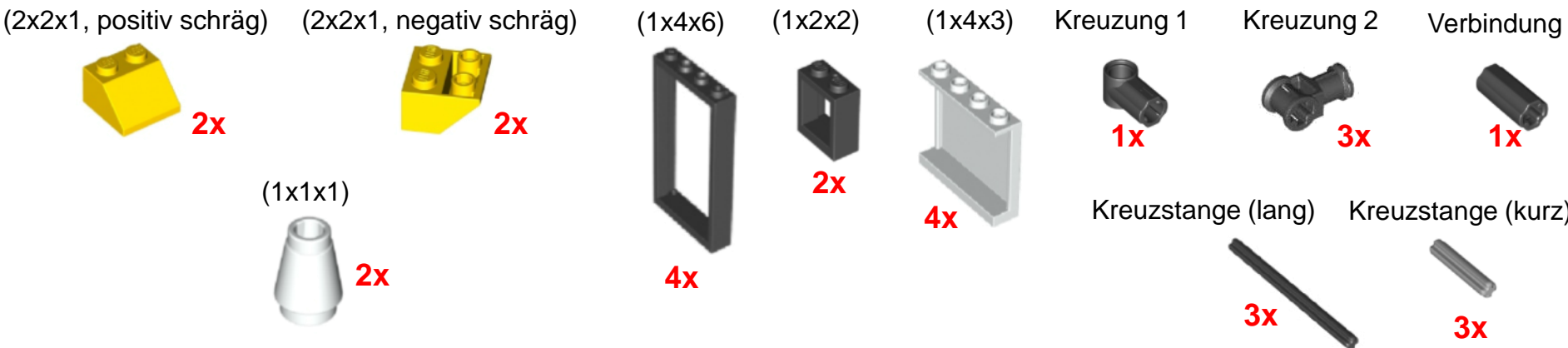
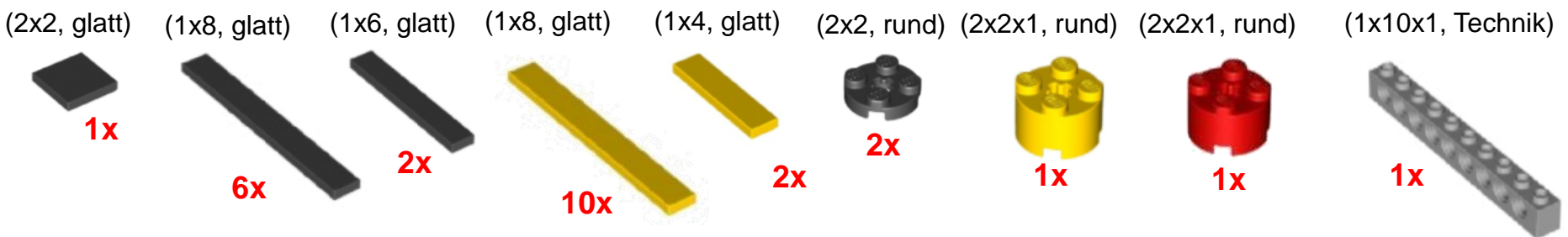
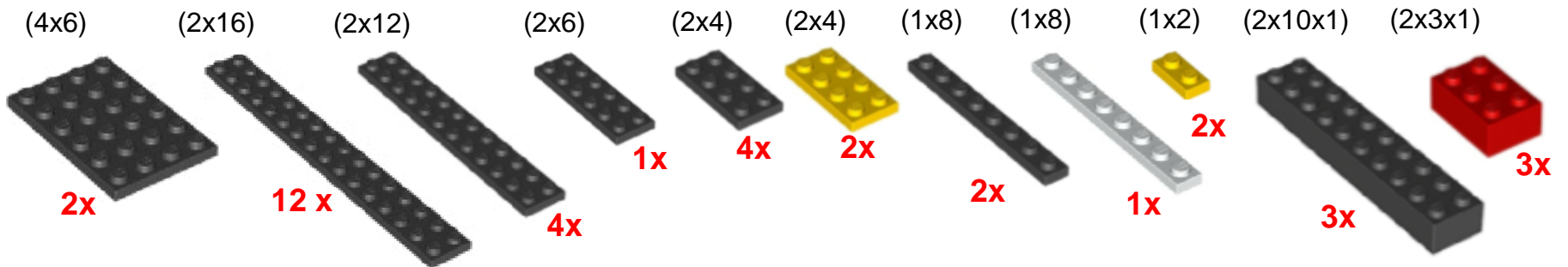
**Das gesamte Bildmaterial der Bauanleitung entstammt folgenden Quellen und unterliegt dem LEGO® Copyright**

LEGO® Digital Designer: Konstruktionssoftware für Modelle aus LEGO® (Download unter: <http://designbyme.lego.com/en-us/Default.aspx>)

Pick a Brick: <http://shop.lego.com/de-DE/Pick-A-Brick-NachThemenwelt?requestid=10903080>

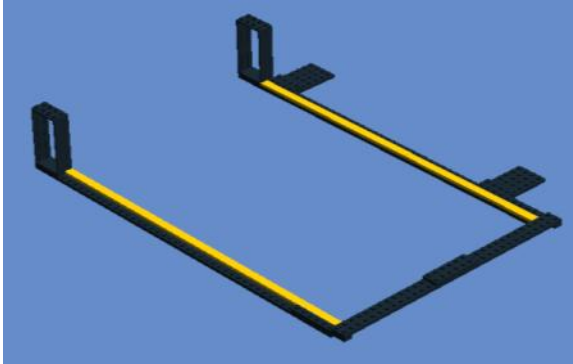
Informationen zum Copyright, rechtliche Informationen: <http://aboutus.lego.com/de-de/corporate/legalnotice.aspx>

# Gesamtübersicht Bauteile



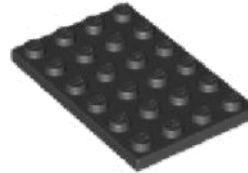
# Teil 1: Grundgerüst: Übersicht

## Vorschau:



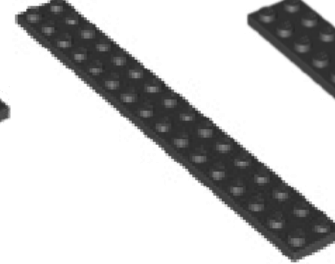
## Benötigte Bauteile:

(4x6)



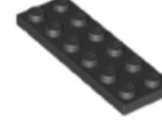
2x

(2x16)



8x

(2x6)



1x

(2x4)



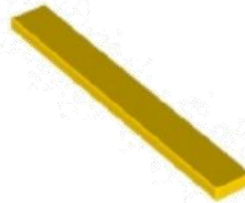
2x

(1x8)



2x

(1x8, glatt)



10x

(1x4, glatt)



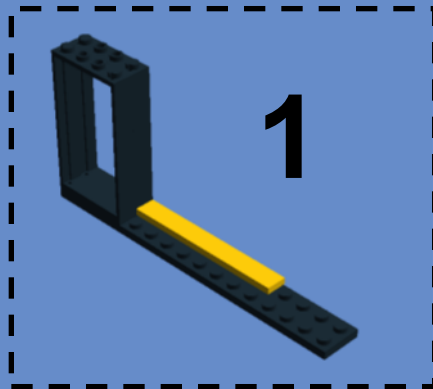
2x

(1x4x6)



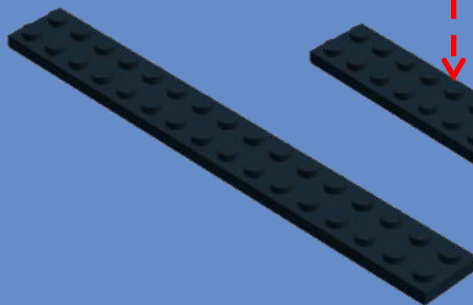
4x

# Teil 1: Grundgerüst links (I)

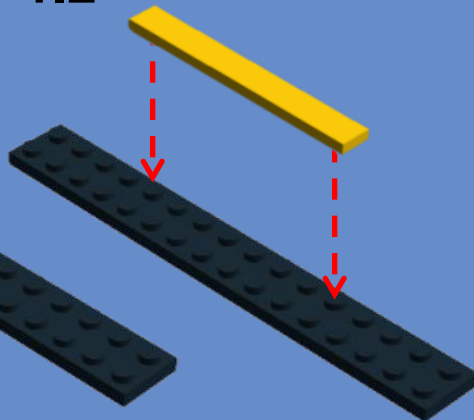


- 1.1 Platte (2x16) bereitlegen.
- 1.2 Platte (1x8, glatt) rechts, genau in der Mitte der Platte aus 1.1 anbringen.
- 1.3 Türrahmen (1x4x6).
- 1.4 Türrahmen (1x4x6) links neben dem ersten Türrahmen anbringen.

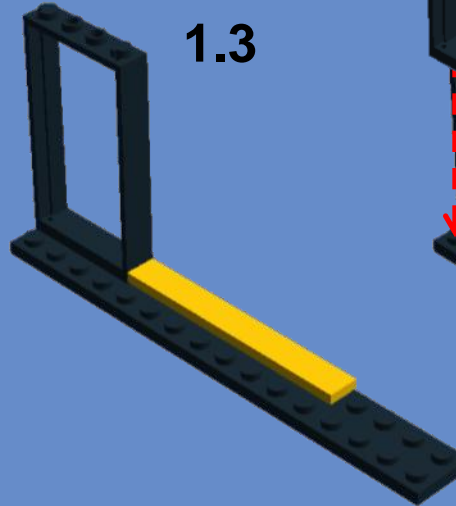
1.1



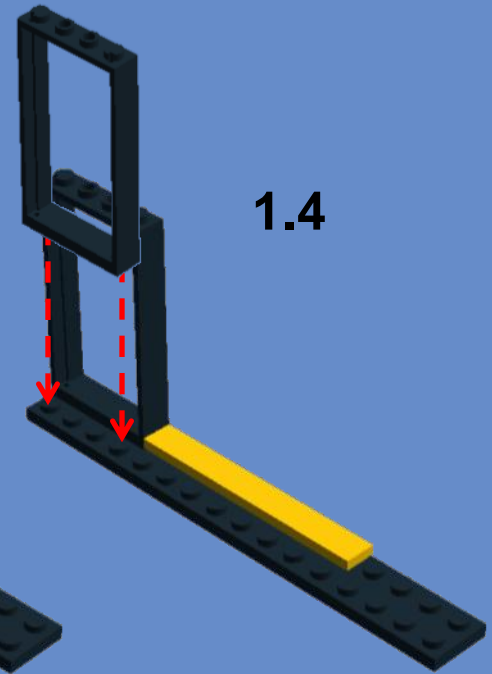
1.2



1.3



1.4



## Teil 1: Grundgerüst links (II)

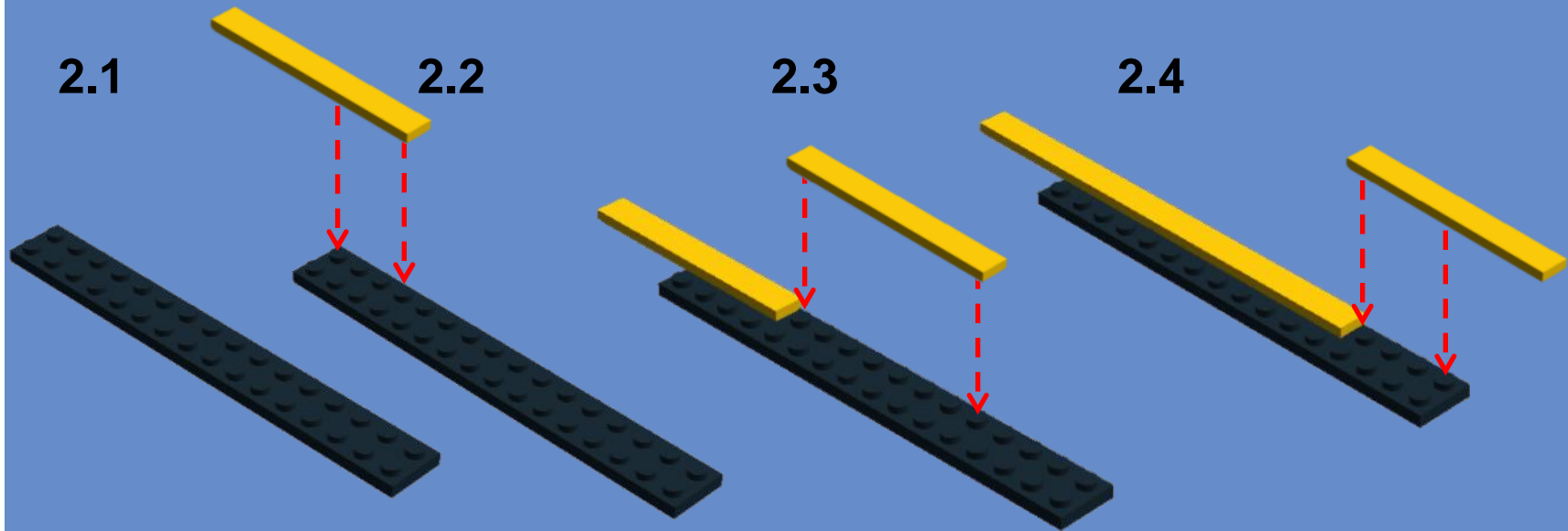
**2**

2.1 Platte (2x16) bereitlegen.

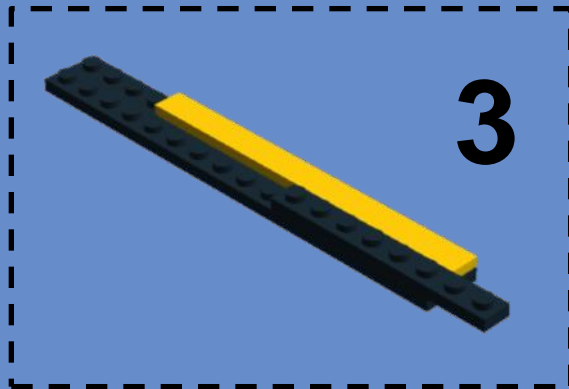
2.2 Platte (1x8, glatt) rechts, 4 Noppen überhängend anbringen.

2.3 Platte (1x8, glatt) rechts, genau in der Mitte der Platte aus 2.1 anbringen.

2.4 Platte (1x8, glatt) rechts, 4 Noppen überhängend anbringen.



## Teil 1: Grundgerüst links (III)



3.1 Platte (2x16) bereitlegen.

3.2 Platte (1x8, glatt) rechts, genau in der Mitte der Platte aus 3.1 anbringen.

3.3 Platte (1x4, glatt).

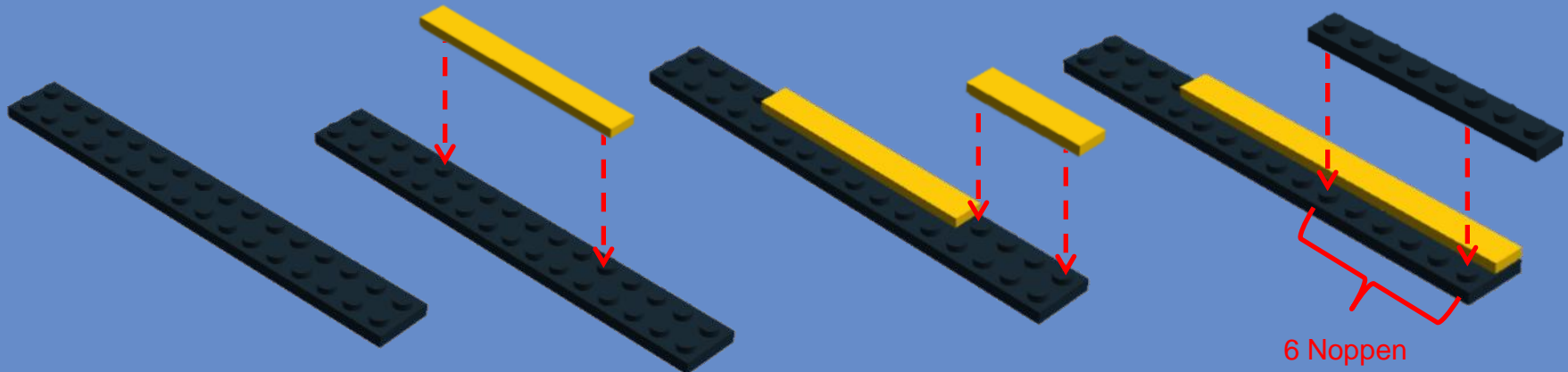
3.4 Platte (1x8) links, 2 Noppen überhängend anbringen.

3.1

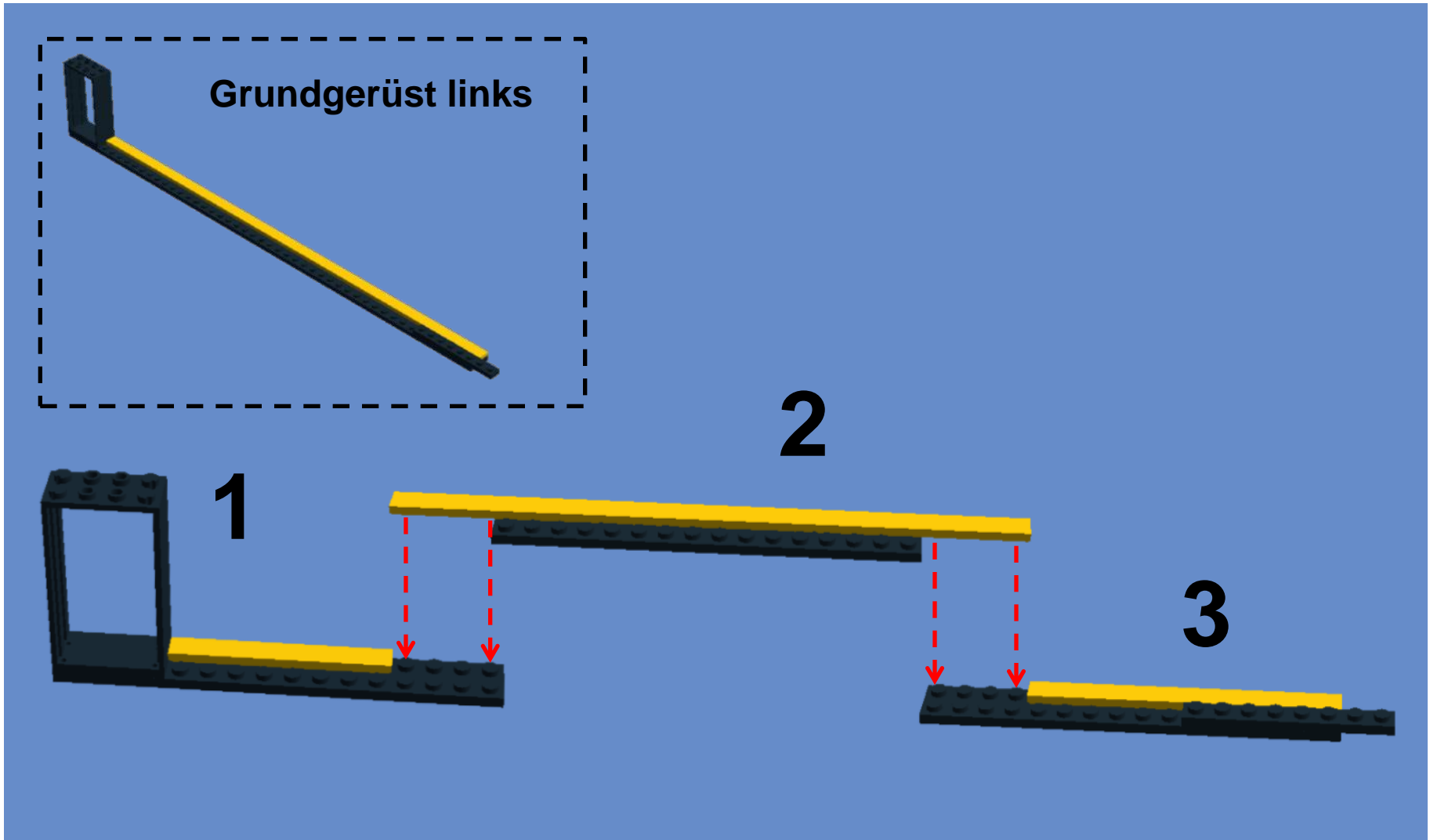
3.2

3.3

3.4

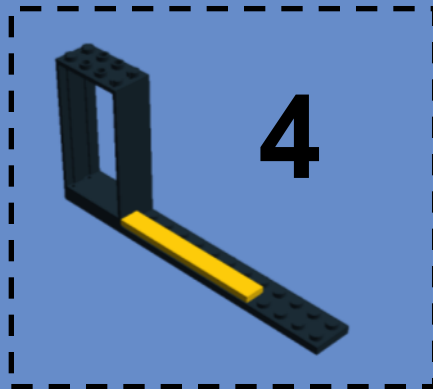


## Teil 1: Grundgerüst links (IV)





# Teil 1: Grundgerüst rechts (I)



## Schritt 4: Schritt 1 seitenverkehrt wiederholen.

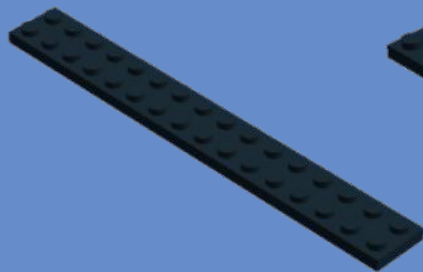
4.1 Platte (2x16) bereitlegen.

4.2 Platte (1x8, glatt) links, genau in der Mitte der Platte aus 4.1 anbringen.

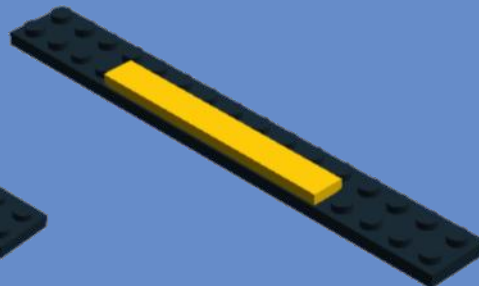
4.3 Türrahmen (1x4x6).

4.4 Türrahmen (1x4x6) rechts neben dem ersten Türrahmen anbringen.

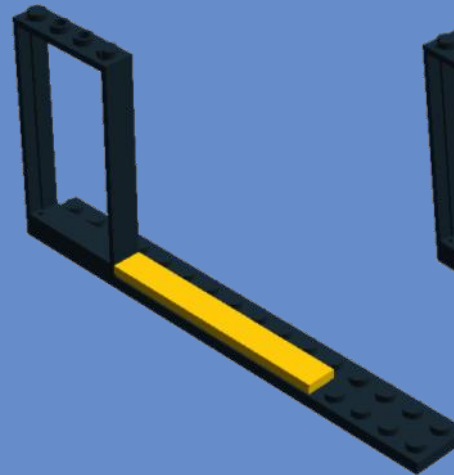
4.1



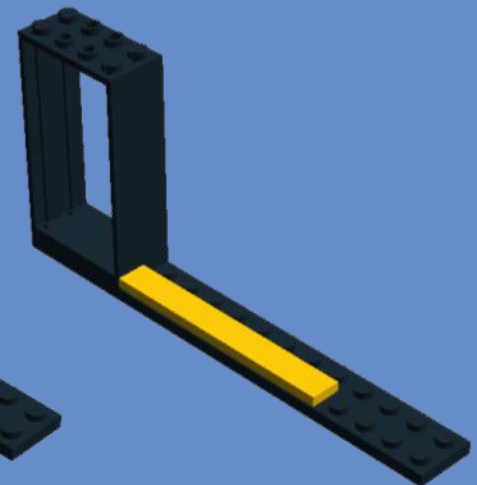
4.2



4.3



4.4



**5**

**Schritt 5: Schritt 2 seitenverkehrt wiederholen.**

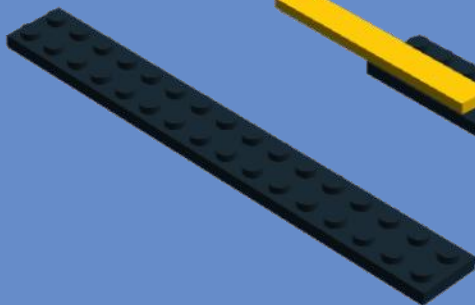
5.1 Platte (2x16) bereitlegen.

5.2 Platte (1x8, glatt) rechts, 4 Noppen überhängend anbringen.

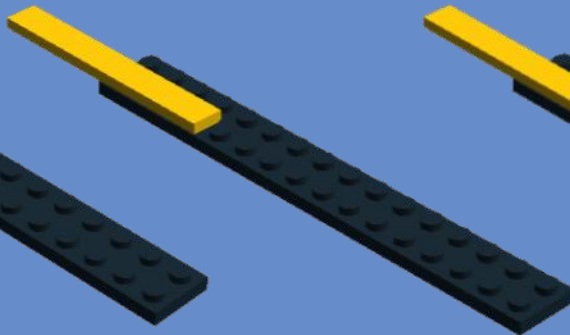
5.3 Platte (1x8, glatt) rechts, genau in der Mitte der Platte aus 5.1 anbringen.

5.4 Platte (1x8, glatt) rechts, 4 Noppen überhängend anbringen.

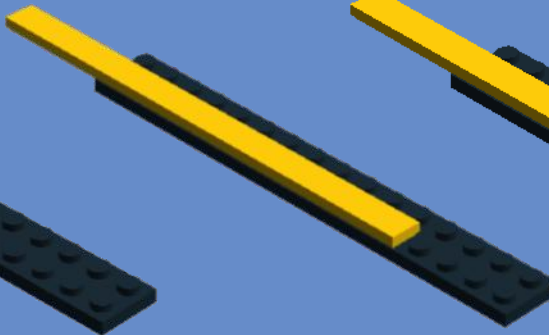
**2.1**



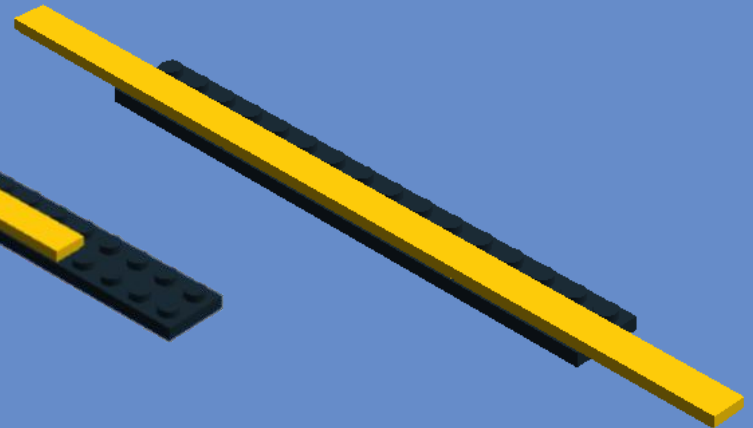
**2.2**



**2.3**



**2.4**



## Teil 1: Grundgerüst rechts (III)

**6**

**Schritt 6: Schritt 3 seitenverkehrt wiederholen.**

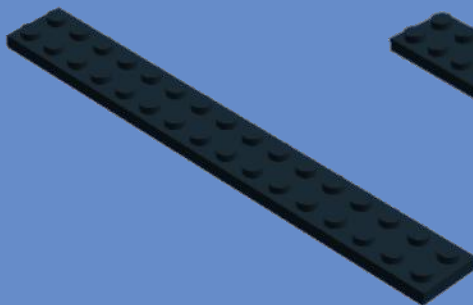
6.1 Platte (2x16) bereitlegen.

6.2 Platte (1x8, glatt) links, genau in der Mitte der Platte aus 6.1 anbringen.

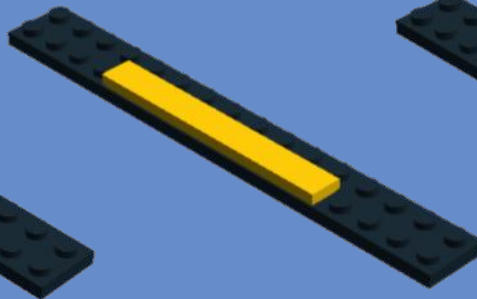
6.3 Platte (1x4, glatt).

6.4 Platte (1x8) rechts, 2 Noppen überhängend anbringen.

**6.1**



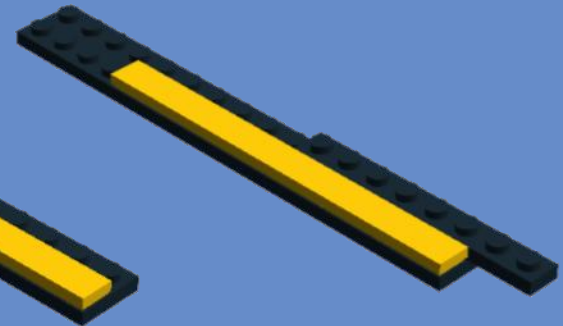
**6.2**



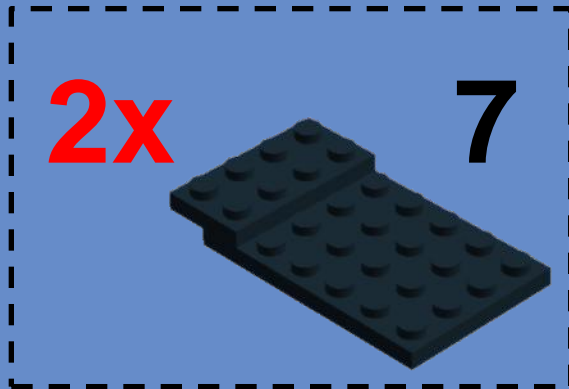
**6.3**



**6.4**



## Teil 1: Grundgerüst rechts (IV)

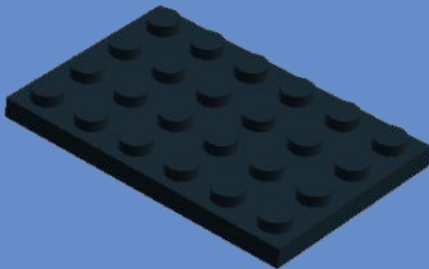


7.1 Platte (4x6) bereitlegen.

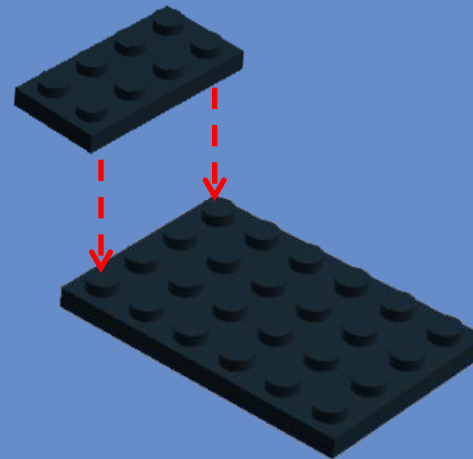
7.2 Platte (2x4) 1x überhängend auf einer Seite der Platte aus 7.1 anbringen.

2x durchführen

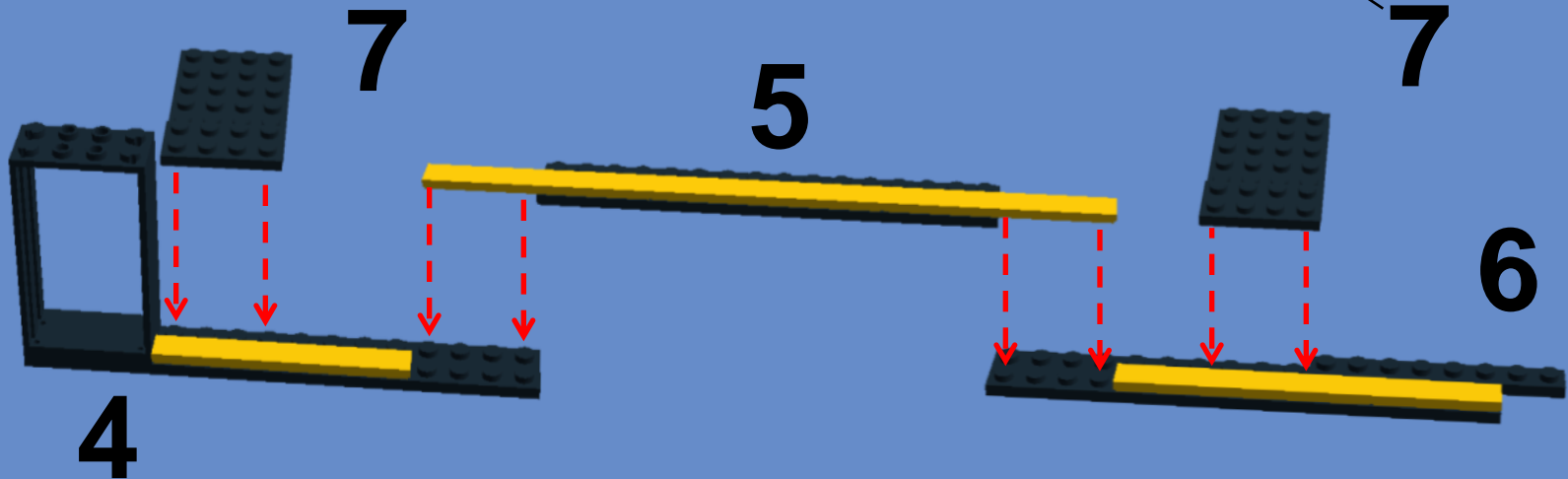
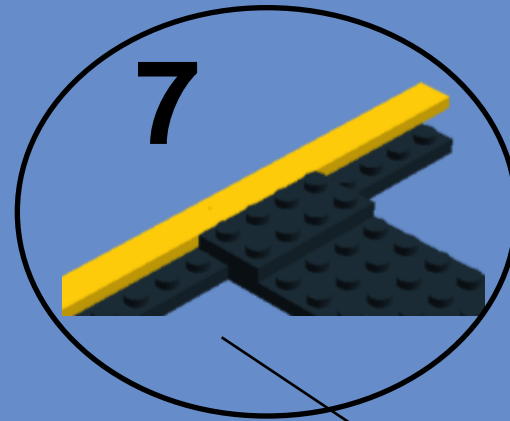
7.1



7.2



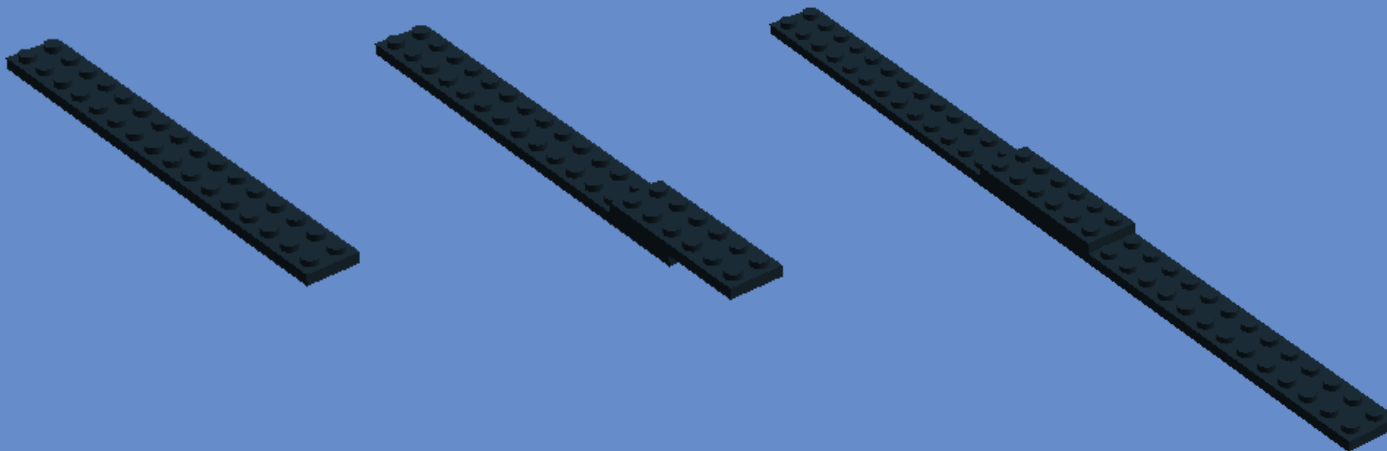
## Teil 1: Grundgerüst rechts (V)



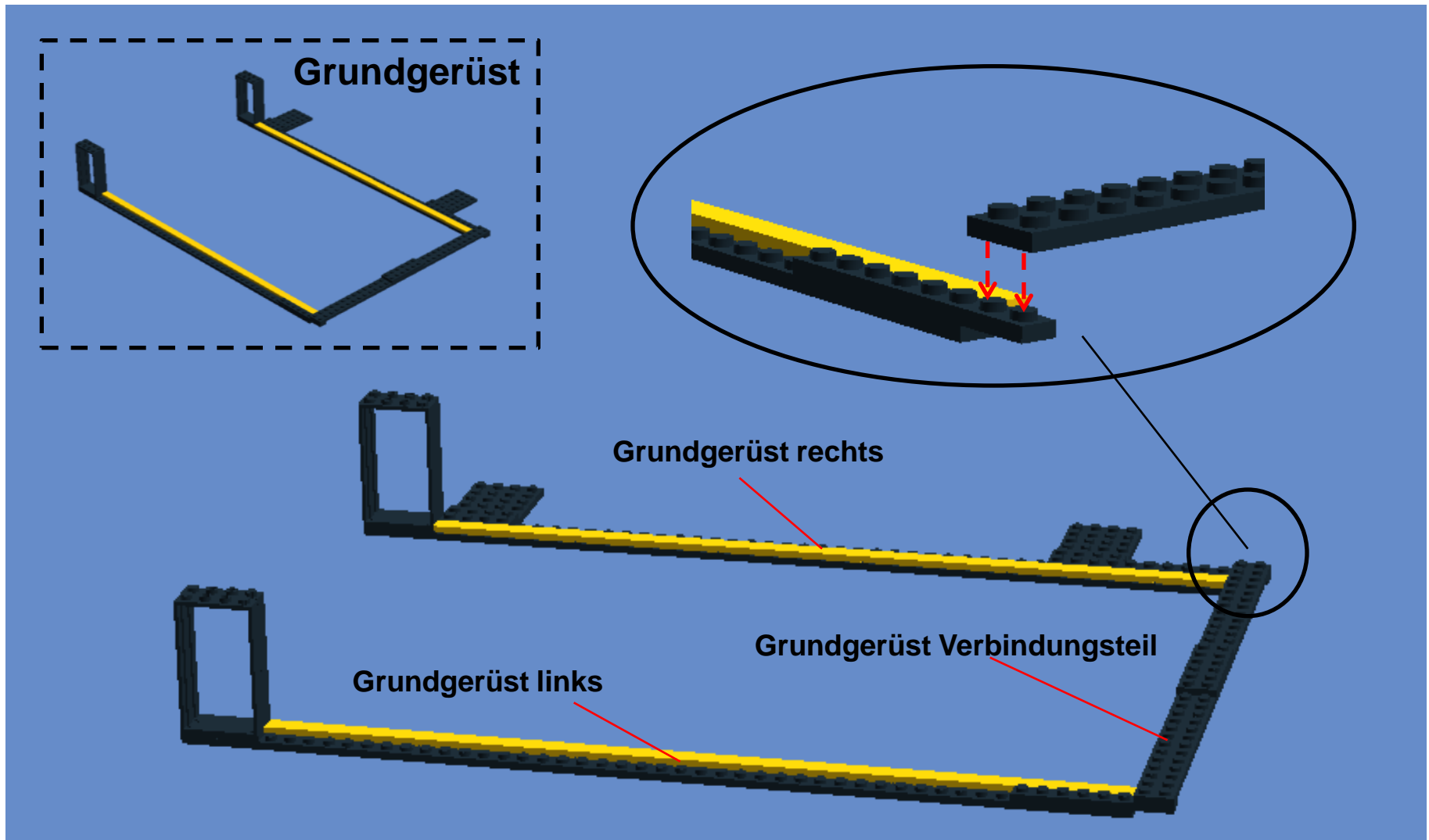
# Teil 1: Grundgerüst Verbindungsteil

## Grundgerüst Verbindungsteil

Zwei Platten (2x16) mit einer kleinen Platte (2x6) verbinden.

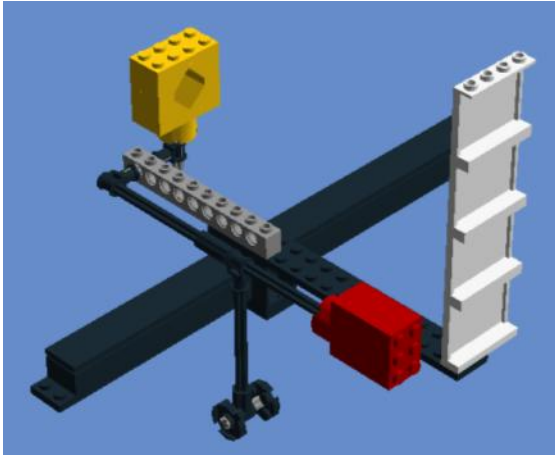


# Teil 1: Grundgerüst Abschluss

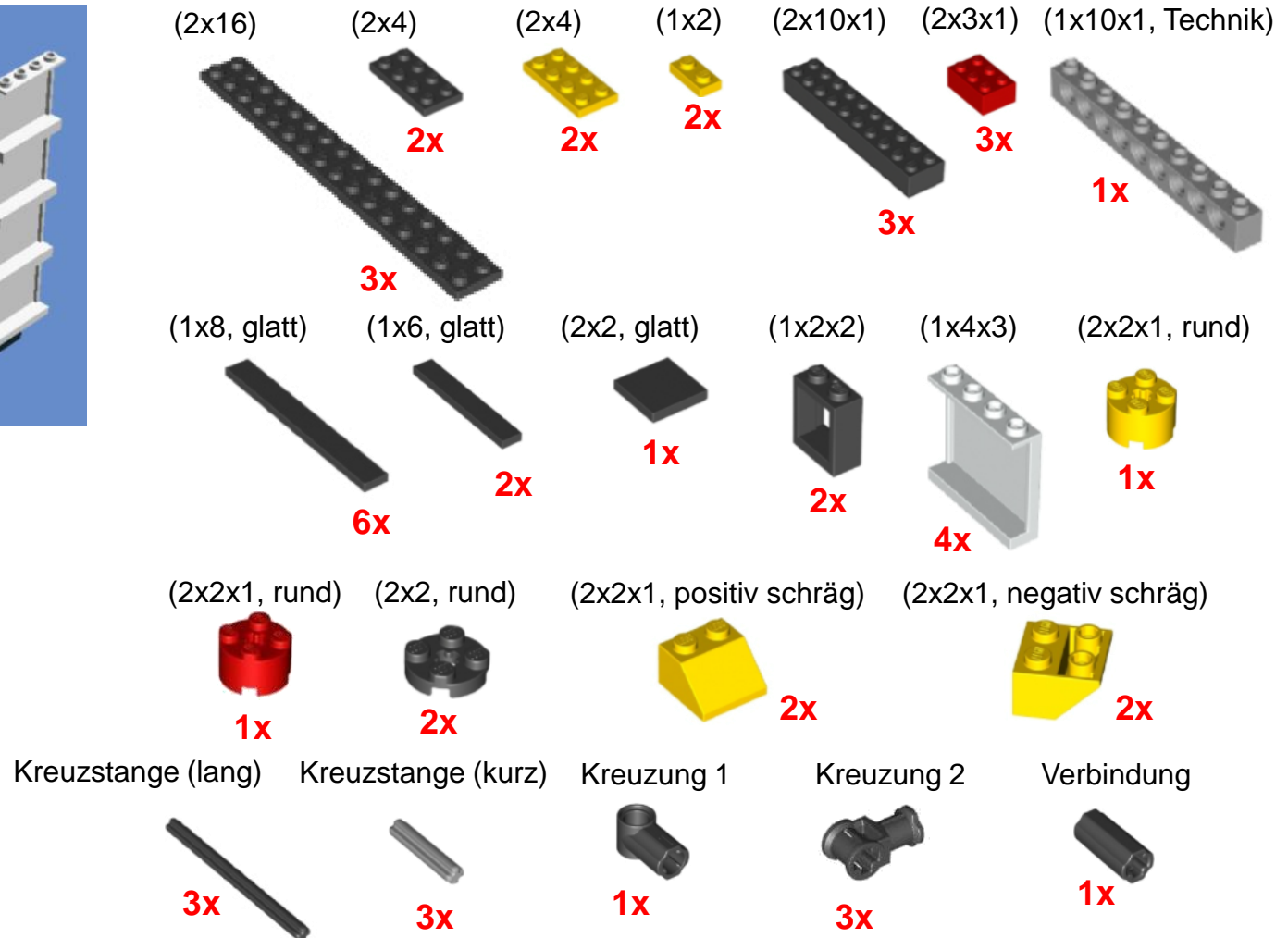


# Teil 2: Scanner: Übersicht

## Vorschau:

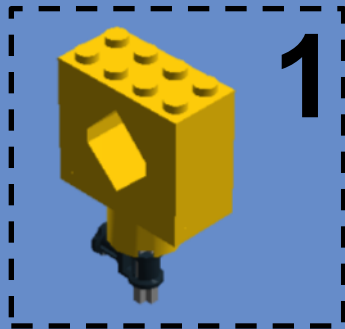


## Benötigte Bauteile:





## Teil 2: Halterung Laserpointer



**1**

- 1.1 Kreuzstang (kurz) bereitlegen.
- 1.2 Kreuzung 2 anbringen.
- 1.3 Runder Baustein (2x2x1, rund) auf die Kreuzstange stecken.
- 1.4 Platte (2x4) auf dem runden Baustein in gleicher Richtung wie Kreuzung 2 anbringen.
- 1.5 Positiv schräge Bausteine gemäss Abbildung anbringen.
- 1.6 Platte (1x2) auf den positiv schrägen Elementen aus 1.5 anbringen (2x).
- 1.7 Negativ schräge Bausteine gemäss Abbildung anbringen.
- 1.8 Platte (2x4) gemäss Abbildung anbringen.

**1.1**



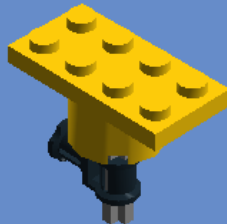
**1.2**



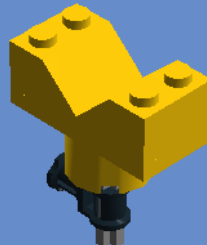
**1.3**



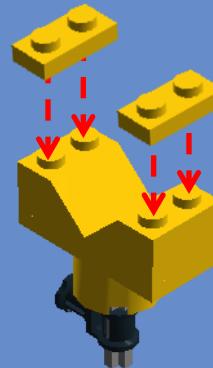
**1.4**



**1.5**



**1.6**



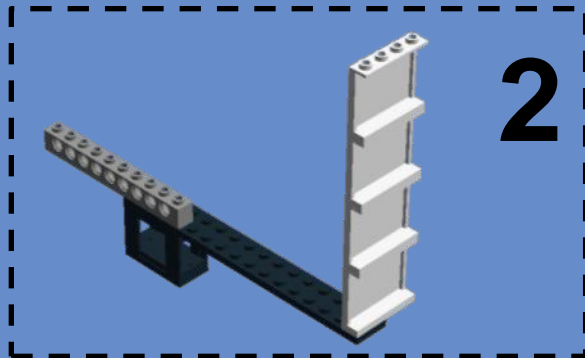
**1.7**



**1.8**

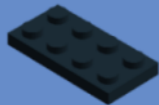


## Teil 2: Grundgerüst Scanner (I)



- 2.1 Platte (2x4) bereitlegen.
- 2.2 In der Mitte der Platte (2x4) eine Platte (2x2, glatt) anbringen.
- 2.3 Türrahmen (1x2x2) gemäss Abbildung anbringen (2x).
- 2.4 Oben an den beiden Türrahmen eine weitere Platte (2x4) anbringen.
- 2.5 Platte (2x16) mit dem Baustein (1x10x1, Technik) verbinden.
- 2.6 Vier Wandelemente (1x4x3) gemäss Abbildung verbinden.

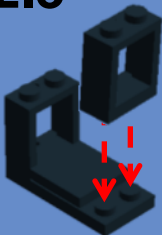
2.1



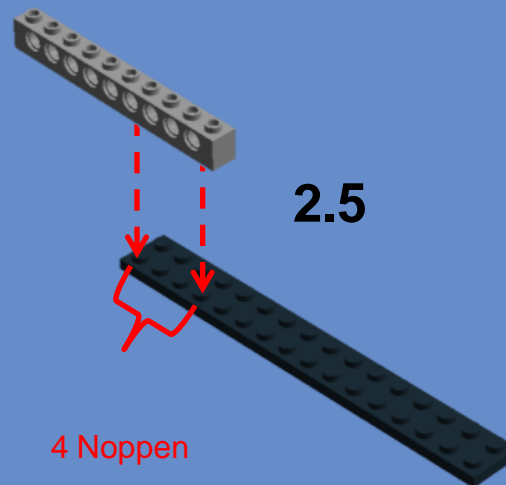
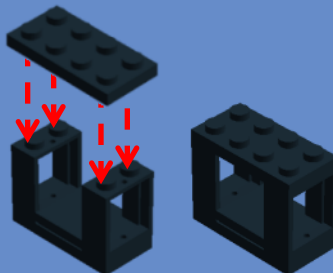
2.2



2.3



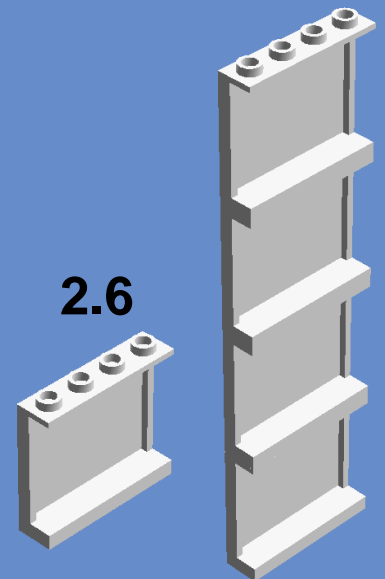
2.4



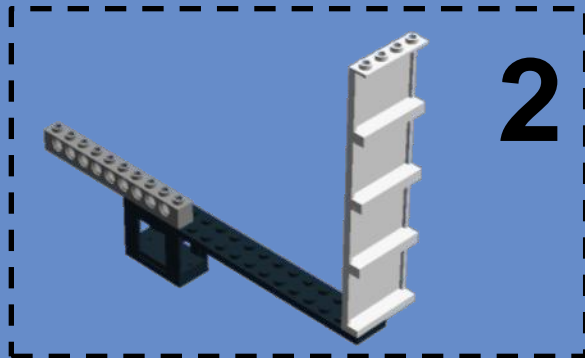
2.5

4 Noppen

2.6

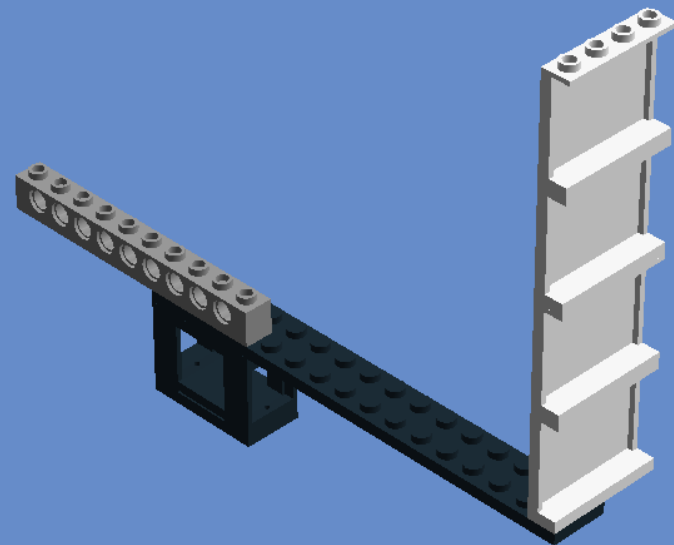
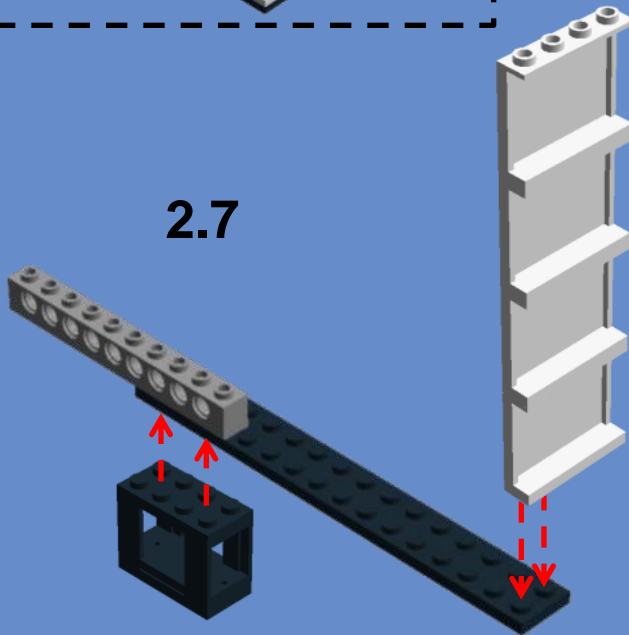


## Teil 2: Grundgerüst Scanner (II)

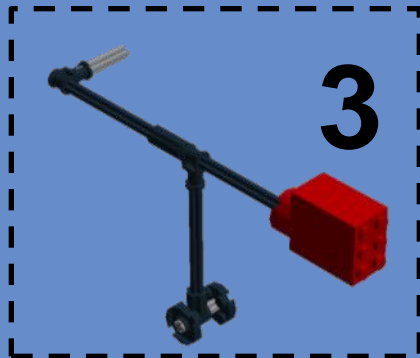


2.7 Die 3 Einzelemente aus den Schritten 2.1 bis 2.6 gemäss Abbildung zusammenfügen.

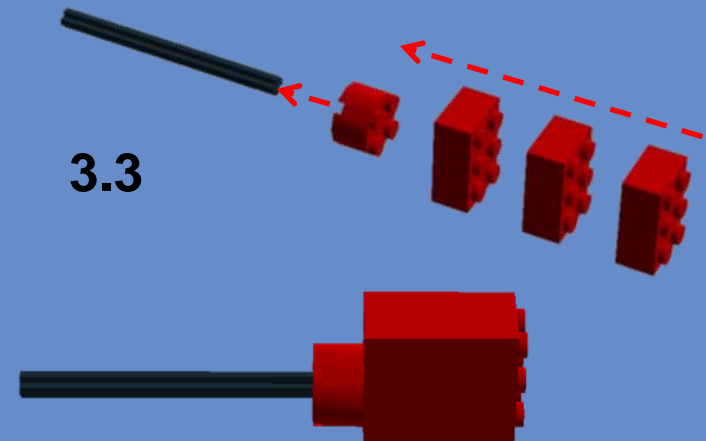
2.7



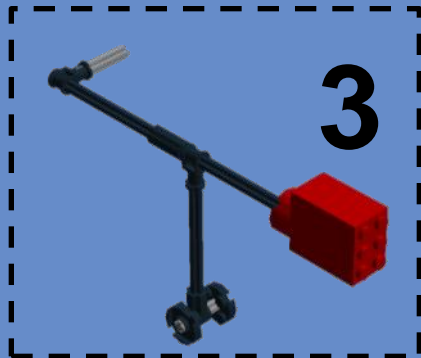
## Teil 2: Fühler (I)



- 3.1 Zwei flache runde Platten (2x2, rund, Kreuzaussparung in der Mitte) mit einer Kreuzstange (kurz) verbinden. In der Mitte eine Kreuzung 1 anbringen.
- 3.2 Eine Kreuzstange (lang) in die Kreuzung 1 aus Schritt 3.1 einführen. Oben auf der Kreuzstange (lang) eine Kreuzung 2 gemäss Abbildung anbringen.
- 3.3 Runder Baustein (2x2x1, rund) auf eine weitere Kreuzstange (lang) stecken. Dahinter drei Bausteine (2x3x1) gemäss Abbildung anbringen.

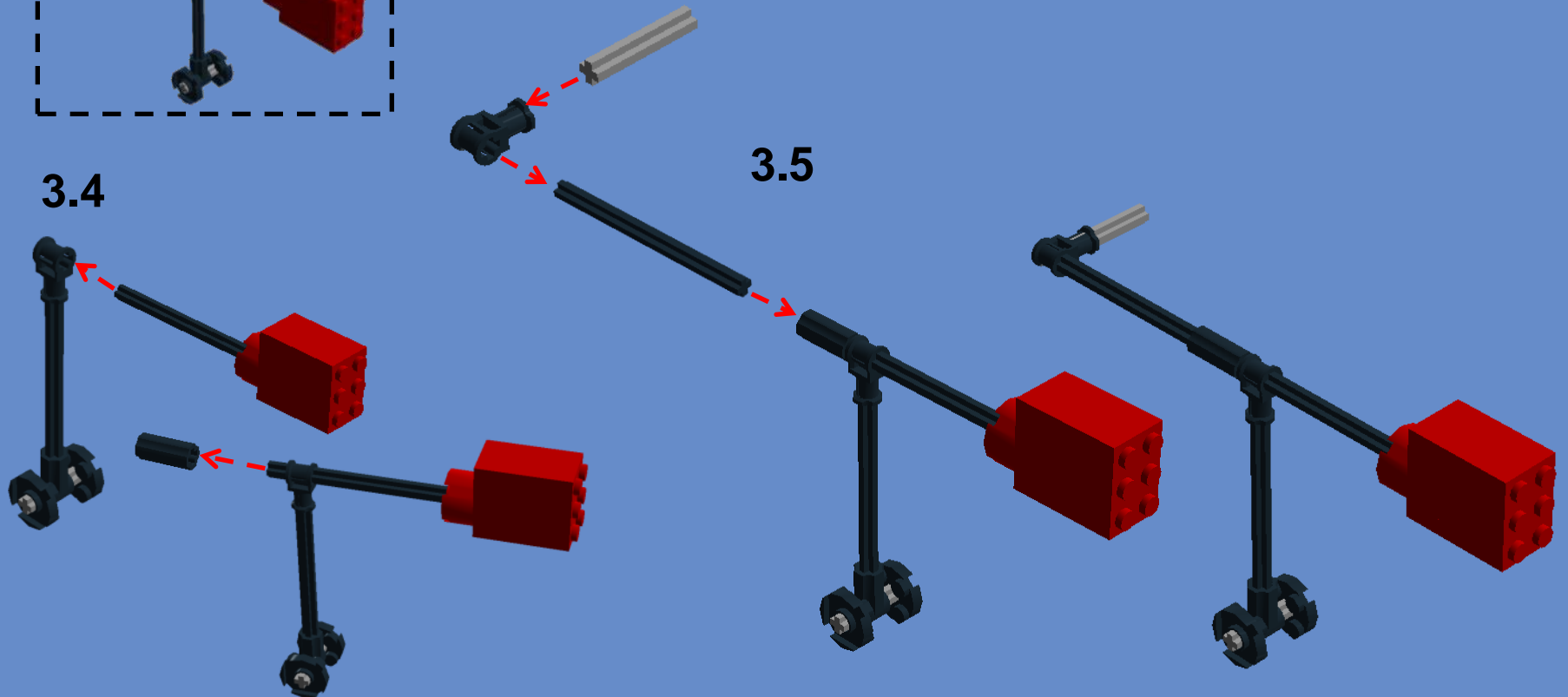


## Teil 2: Fühler (II)



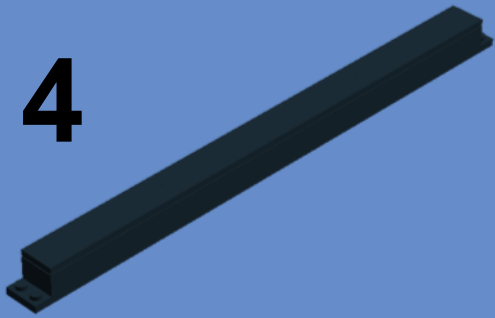
3.4 Die Einzelelemente der Schritte 3.1 bis 3.3 gemäss Abbildung verbinden und eine Verbindung an die horizontale Kreuzstange anbringen.

3.5 Zwei weitere Kreuzstangen (1x lang, 1x kurz) gemäss Abbildung anbringen und zum fertigen Fühler zusammenfügen.



## Teil 2: Scanner-Schiene

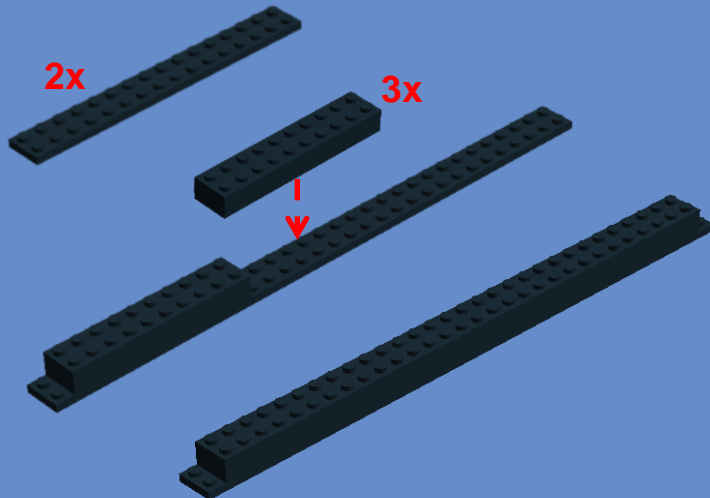
4



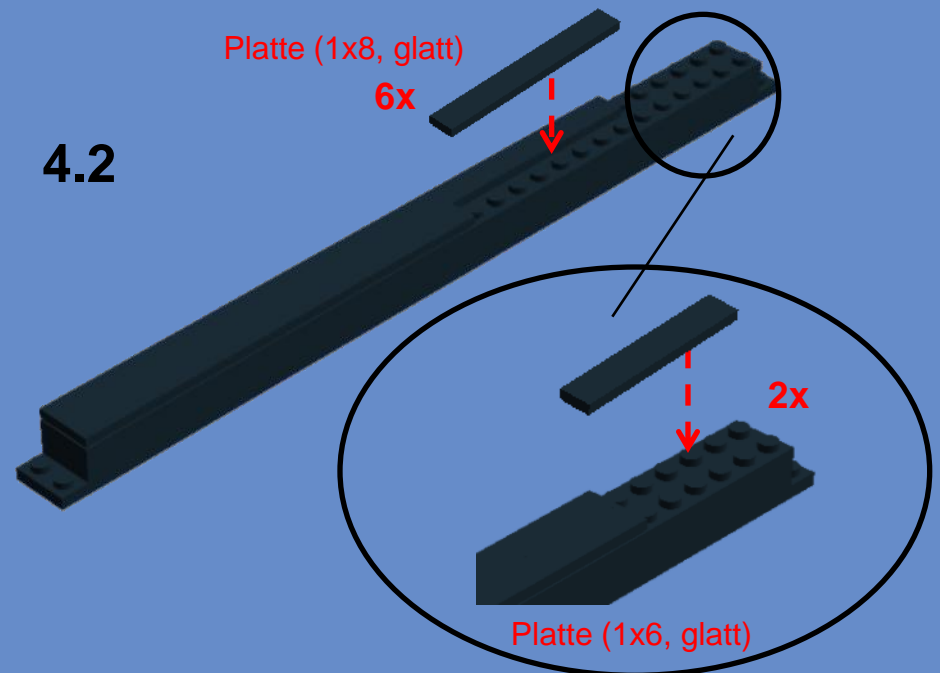
4.1 Zwei Platten (2x16) mit drei Bausteinen (2x10) verbinden.

4.2 Sechs Platten (1x8, glatt) und zwei Platten (1x6) gemäss Abbildung anbringen.

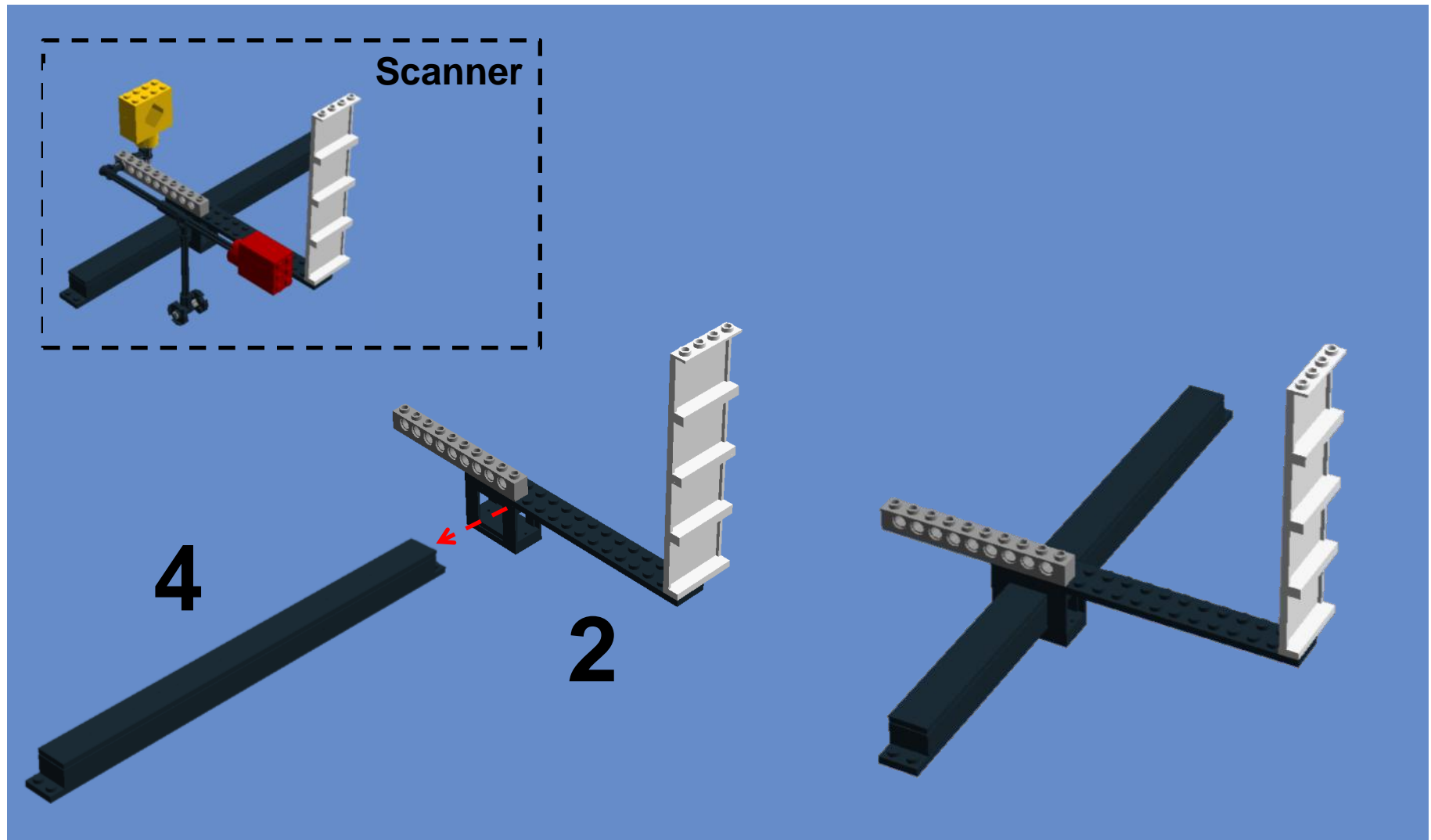
4.1



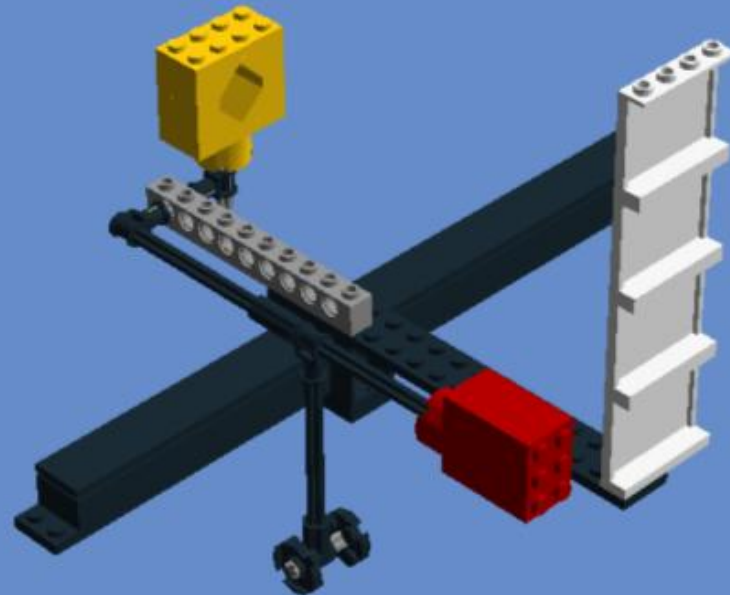
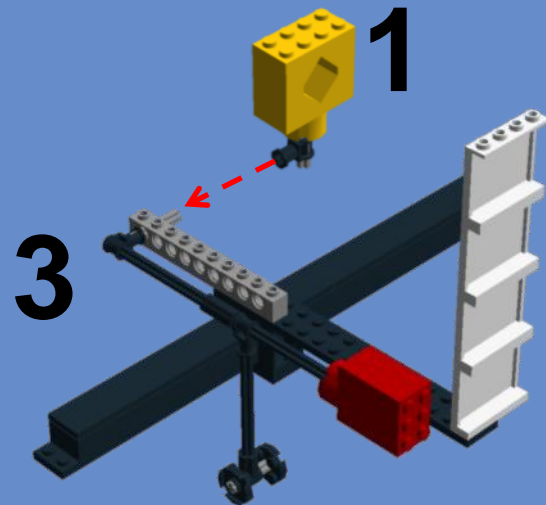
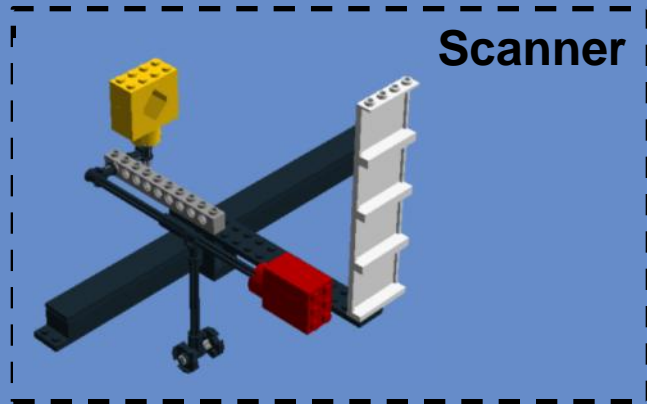
4.2



## Teil 2: Scanner Abschluss (I)



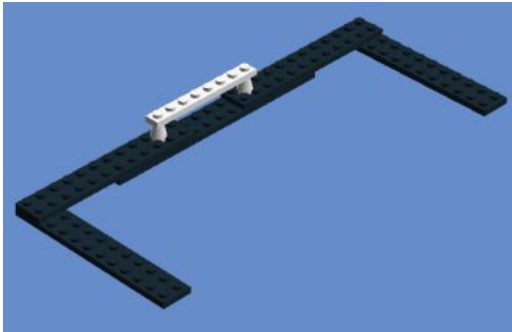
## Teil 2: Scanner Abschluss (II)





# Teil 3: Probenschlitten

## Vorschau:

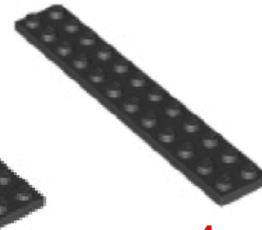


## Benötigte Bauteile:

(2x16)



(2x12)



1x

(1x8)



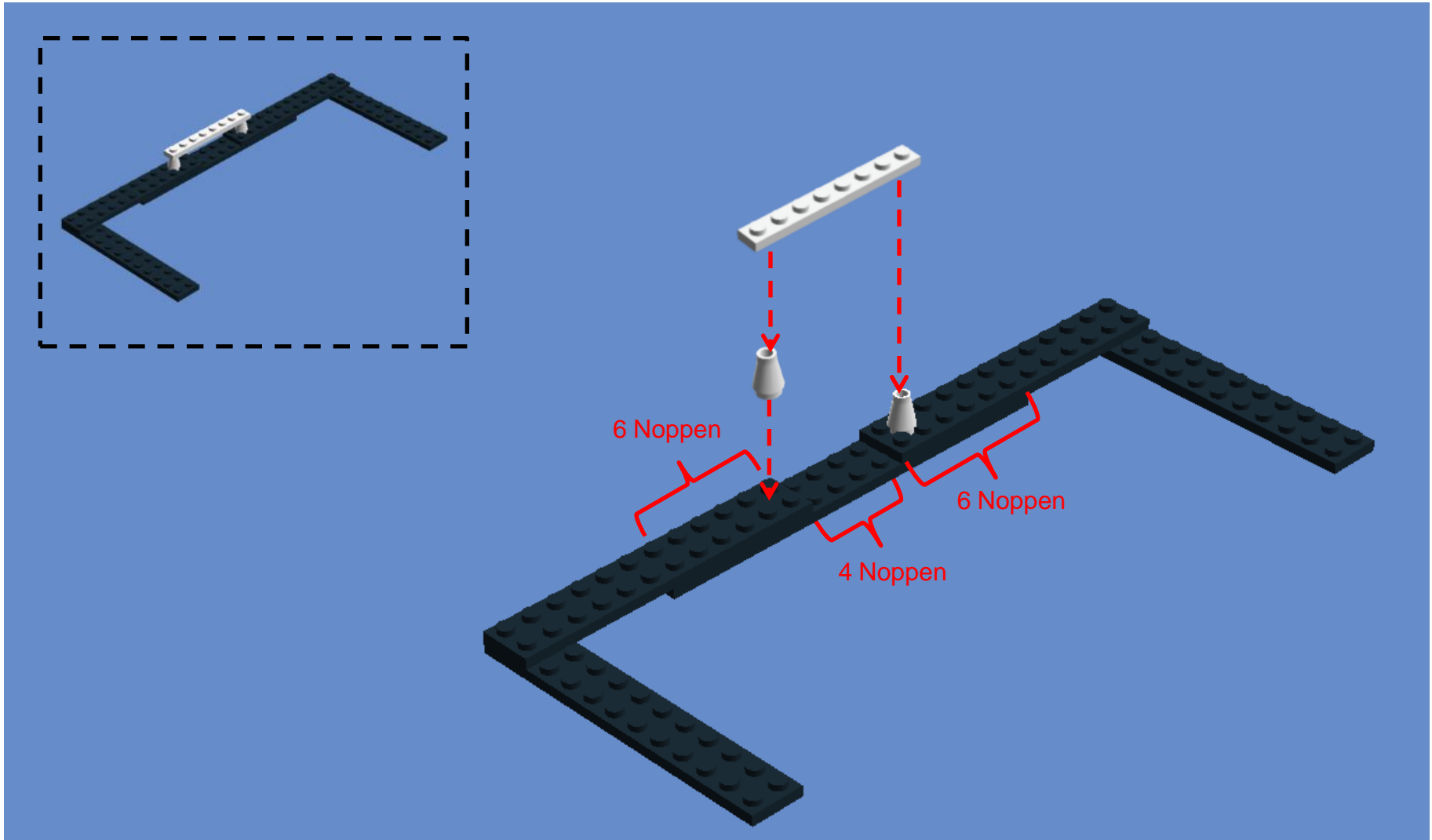
1x

(1x1x1)

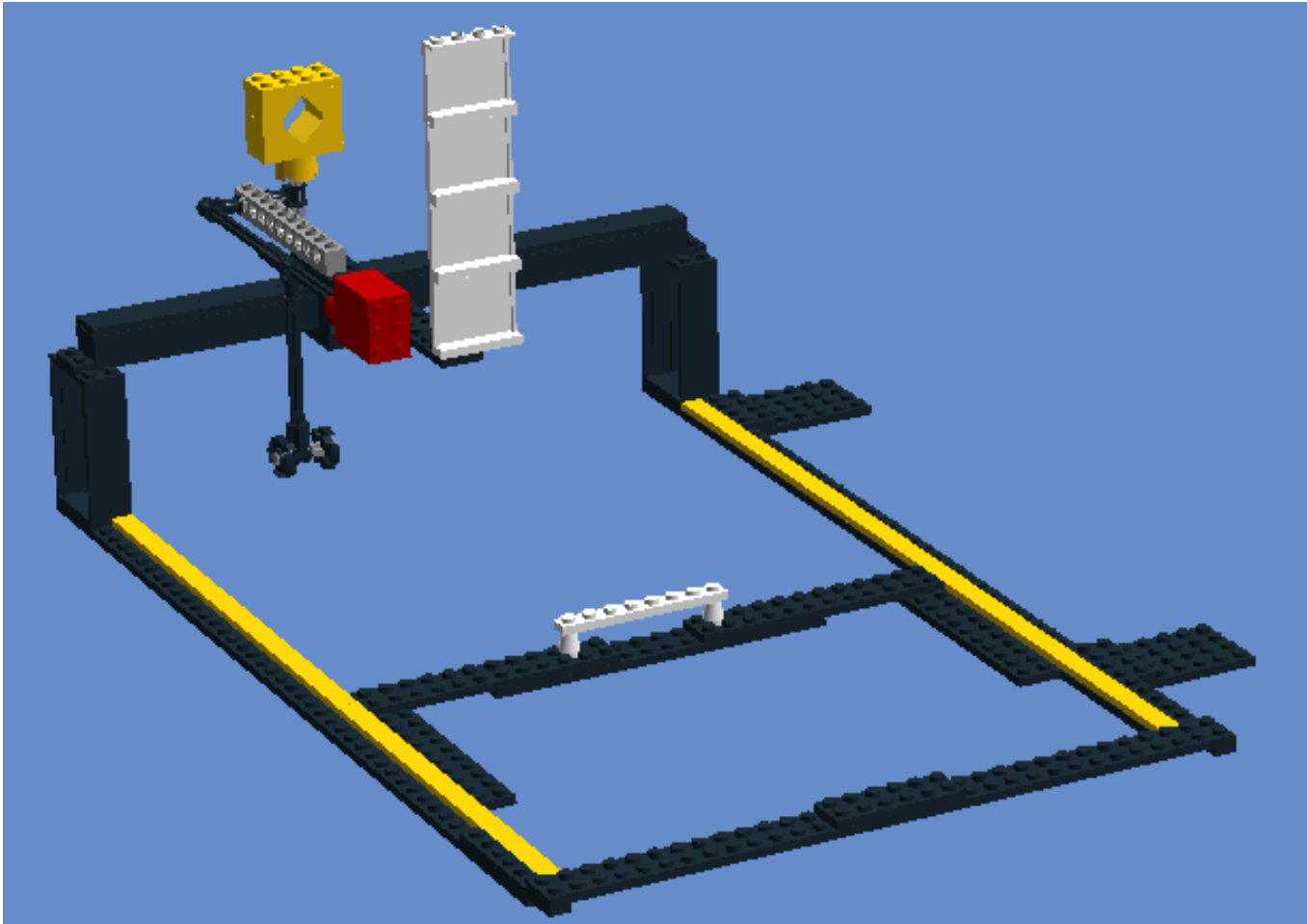


2x

## Teil 3: Probenschlitten

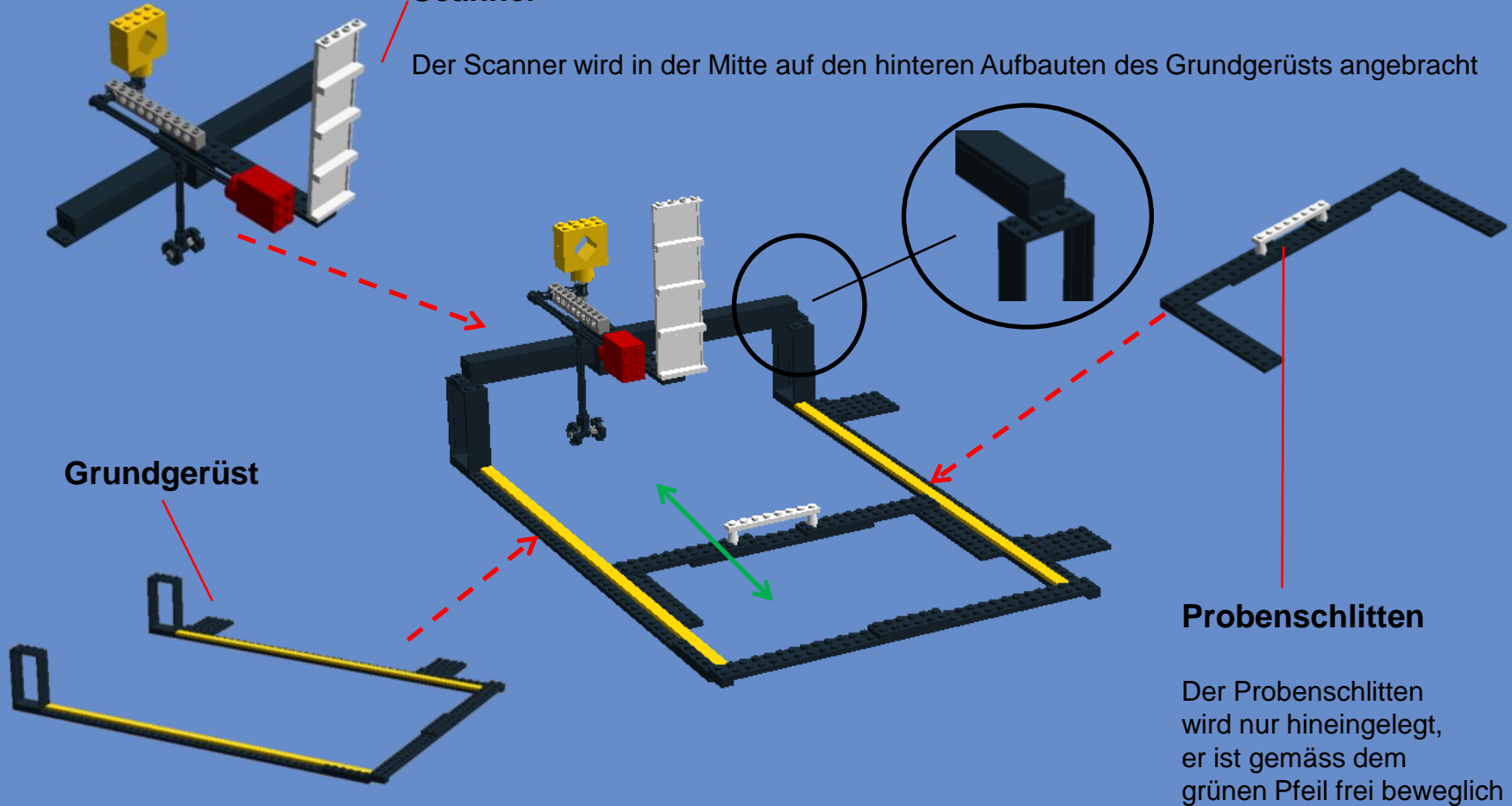


Vorschau:



## Scanner

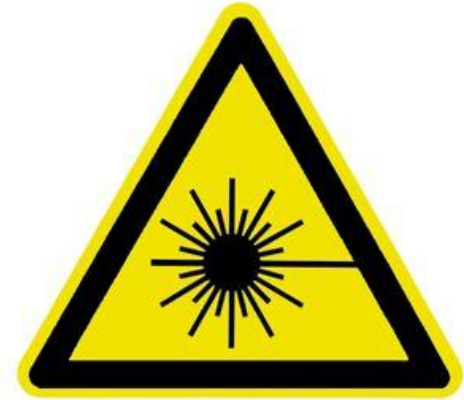
Der Scanner wird in der Mitte auf den hinteren Aufbauten des Grundgerüsts angebracht



## Grundgerüst

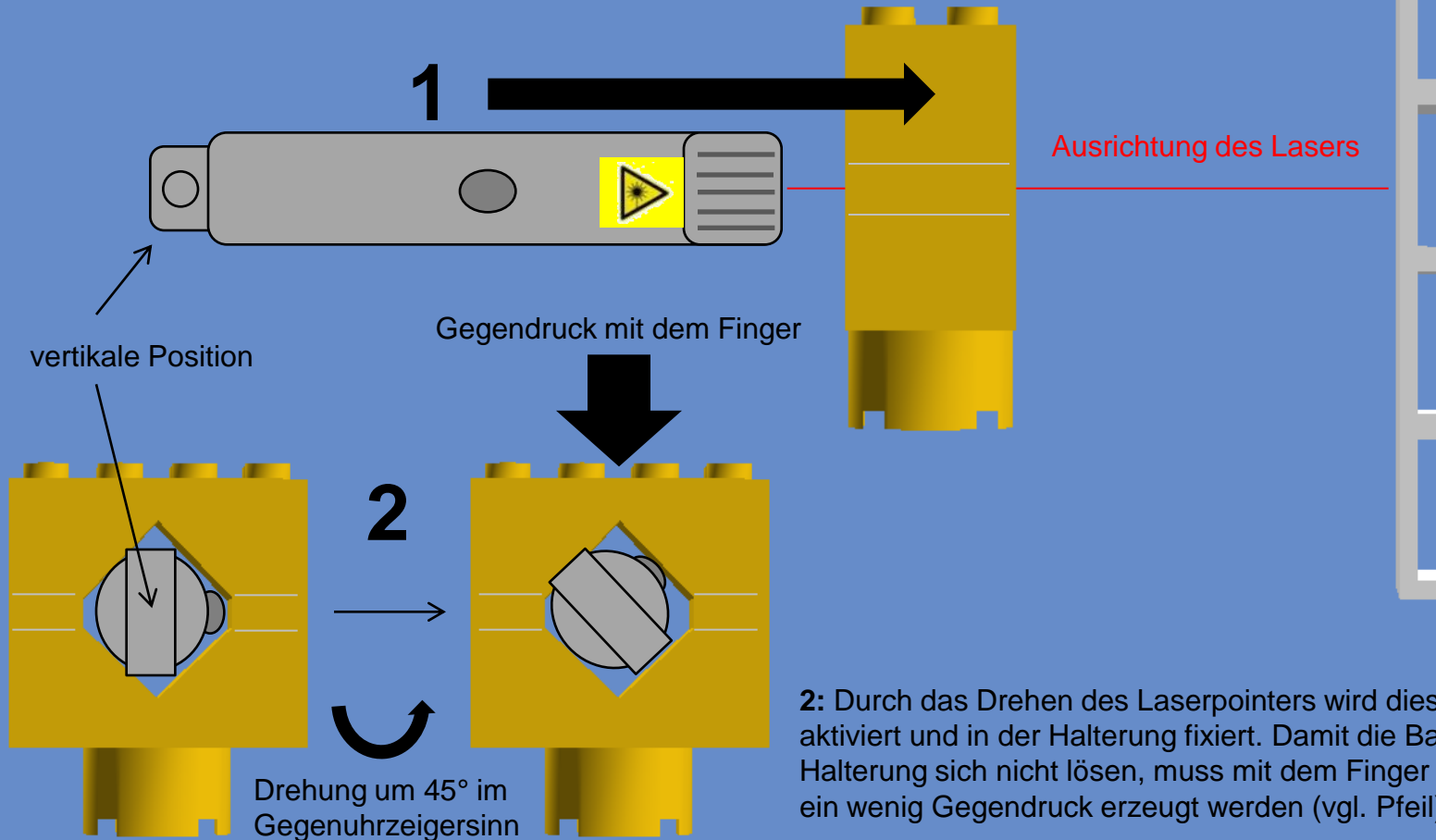
## Probenschlitten

Der Probenschlitten wird nur hineingelegt, er ist gemäss dem grünen Pfeil frei beweglich



**Der Laserstrahl darf nicht gegen Personen gerichtet werden!**

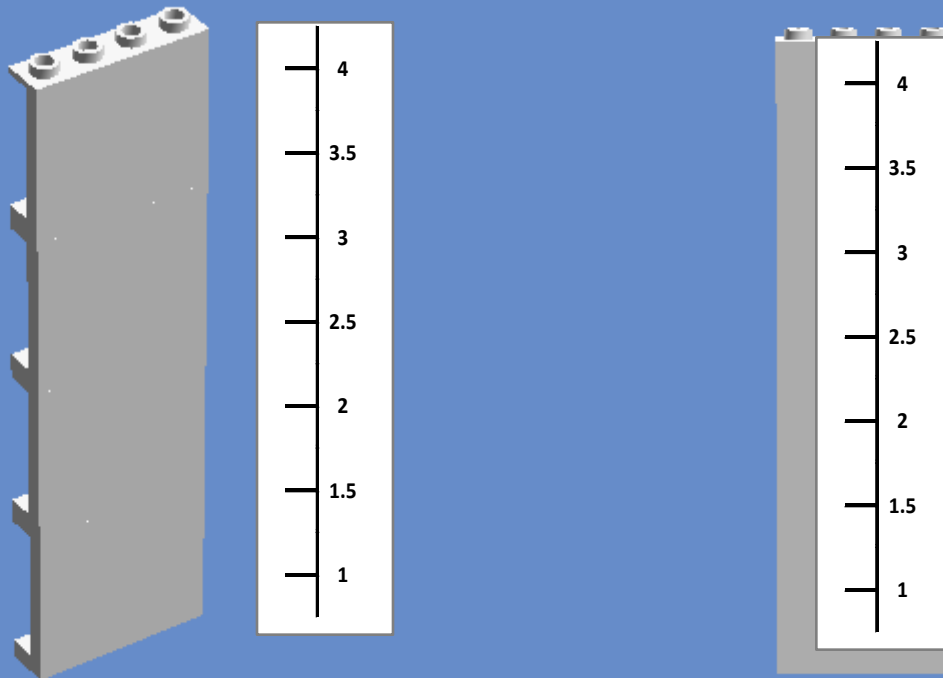
1: Laserpointer in die Halterung einführen, so dass der Auslöser vollständig verdeckt ist.



2: Durch das Drehen des Laserpointers wird dieser gleichzeitig aktiviert und in der Halterung fixiert. Damit die Bauteile der Halterung sich nicht lösen, muss mit dem Finger von oben her ein wenig Gegendruck erzeugt werden (vgl. Pfeil).

# Messskala aufkleben:

Im Koffer ist eine Etikette mit einer Skala vorhanden (im Fach der AFM-Bauteile). Diese wird wie folgt aufgeklebt:



## Aufbau der zu analysierenden „Oberfläche“ (I):

- Die zu analysierende Probe besteht aus Papierbahnen, welche wellenförmig auf eine Papierunterlage geklebt werden.
- Die Unterlage ist mit einem Raster Zeilen (1-8) und Spalten (A-H) gekennzeichnet.
- In der elektronischen Dokumentation ist eine Vorlage der Papierunterlage vorhanden.
- Die Vorlage muss auf dickes Papier (200 g/m<sup>2</sup>) gedruckt werden.
- Eine allfällige „Druck-Bereich-Meldung“ des Druckers kann ignoriert werden.
- Die mit Kleinbuchstaben gekennzeichneten Bahnen müssen ausgeschnitten und gemäss Abbildung aufgeklebt werden.

**Papierunterlage 1: A-D**

	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

**Papierbahnen 1: a-d**

	a	b	c	d

**Papierunterlage 1: E-F**

	E	F	G	H
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

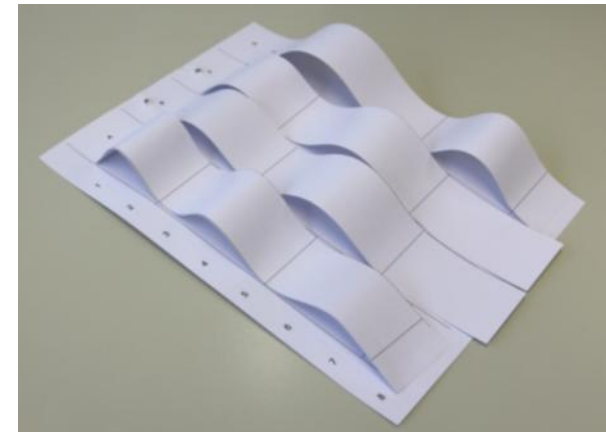
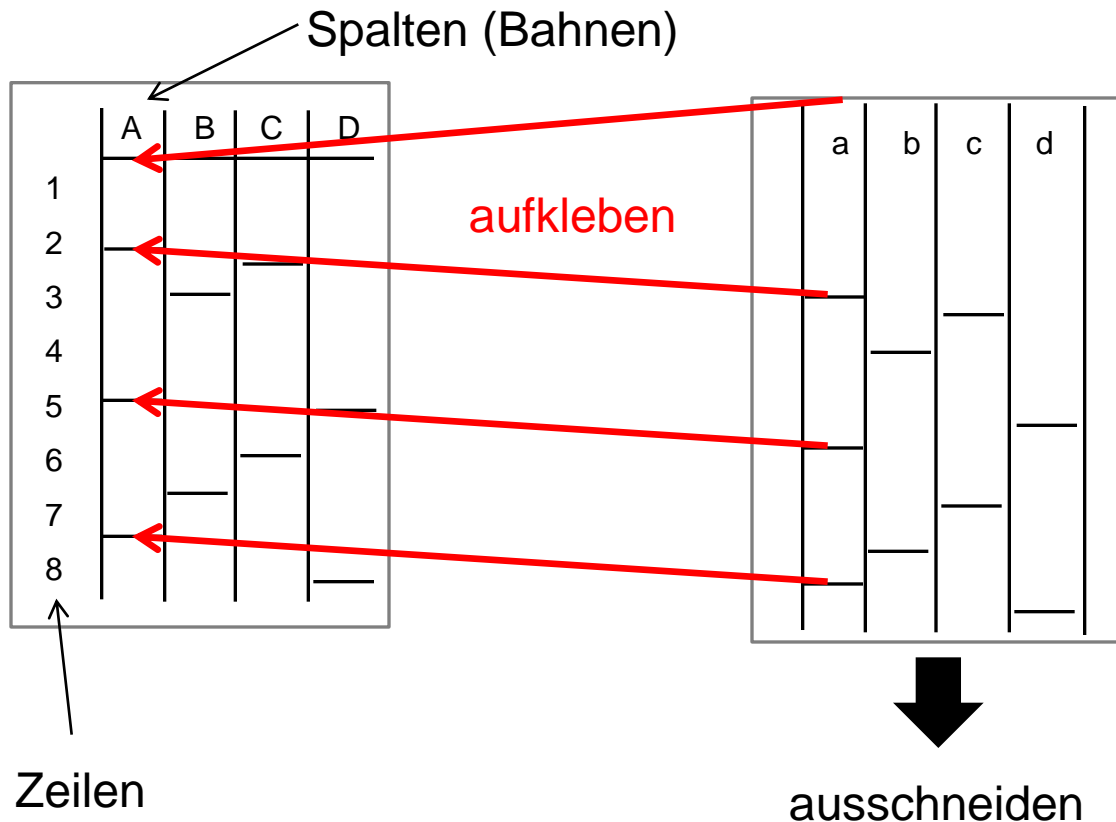
**Papierbahnen 1: e-f**

	e	f	g	h



## Aufbau der zu analysierenden „Oberfläche“ (II):

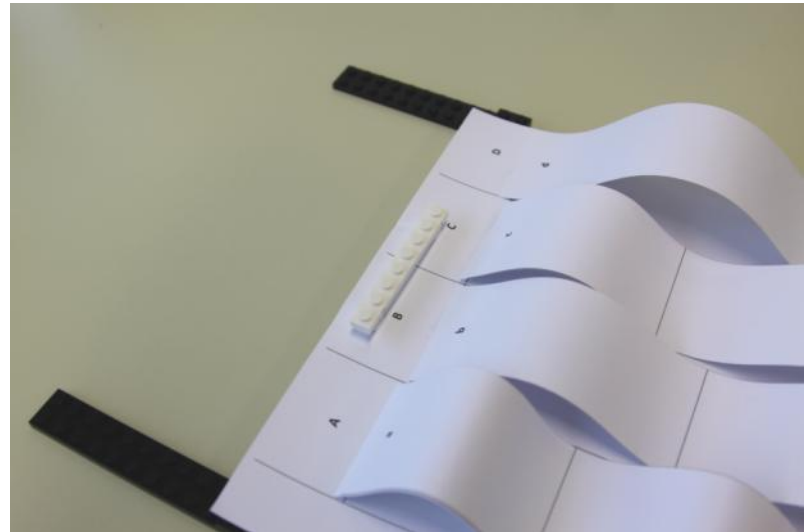
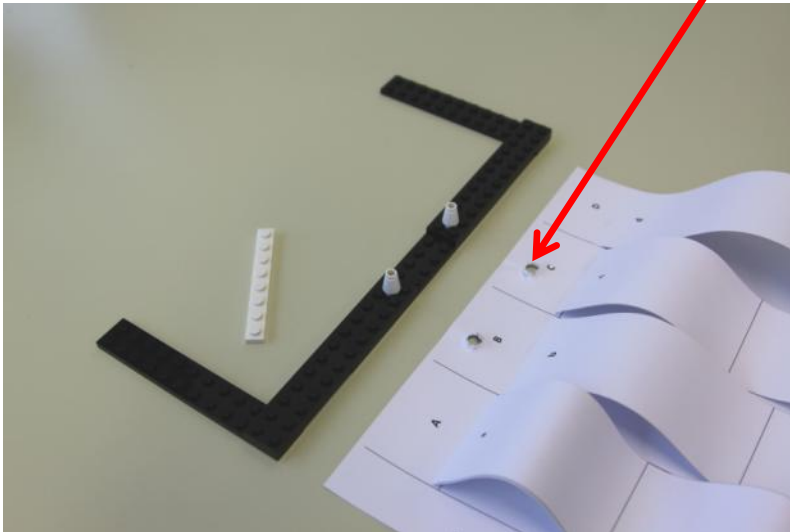
Das Aufkleben der einzelnen Bahnen auf die Unterlage gelingt am besten, wenn dazu doppelseitiges Klebeband verwendet wird. Alternativ kann auch einseitiges Klebeband verwendet werden, dieses muss jedoch zuerst gefaltet werden.



## Aufbau der zu analysierenden „Oberfläche“ (III):

An den rot markierten Stellen auf der Proben-Unterlage Löcher ausschneiden. Die Löcher dienen dazu, die Probe in den Probenschlitten einzuspannen.

Löcher ausschneiden



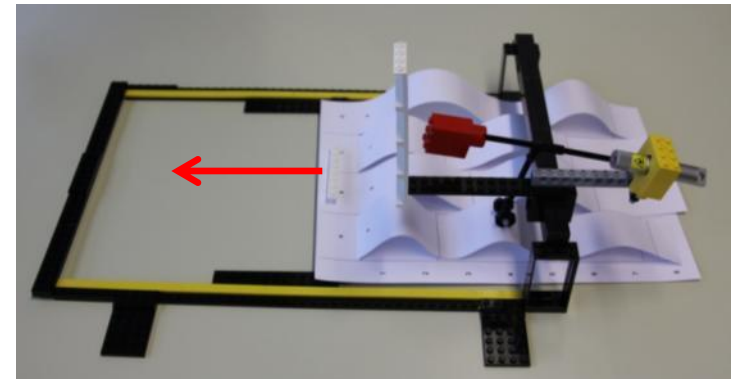
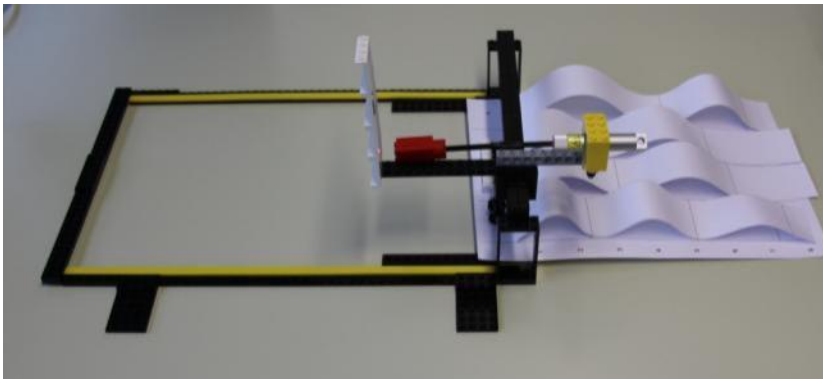
## Betrieb des AFM

Der Probenschlitten wird in das AFM gelegt (Ausgangsposition Bahn A). Danach wird der Probenschlitten langsam nach hinten gezogen (roter Pfeil). Der Fühler bewegt sich dabei auf und ab, wobei der Laserpointer die Bewegung auf die Skala überträgt. Bei jeder Zeile (1-8) wird ein Messwert abgelesen und in die Excel-Tabelle zur Darstellung der Oberfläche eingetragen (vgl. S. 36 ff.). Dieses Vorgehen wird für jede der 8 Bahnen (A-H) durchgeführt. Nach der Bahn D, muss die zweite Probenunterlage eingespannt werden. Der Scan ist abgeschlossen, wenn alle Bahnen abgerastert sind und das Raster in der Excel-Tabelle (vgl. S. 36 ff.) vollständig weiss erscheint.

Die in der elektronischen Dokumentation zur Verfügung gestellte Probenunterlage dient als Muster. Es können nach Bedarf auch andere Proben gebastelt und untersucht werden.

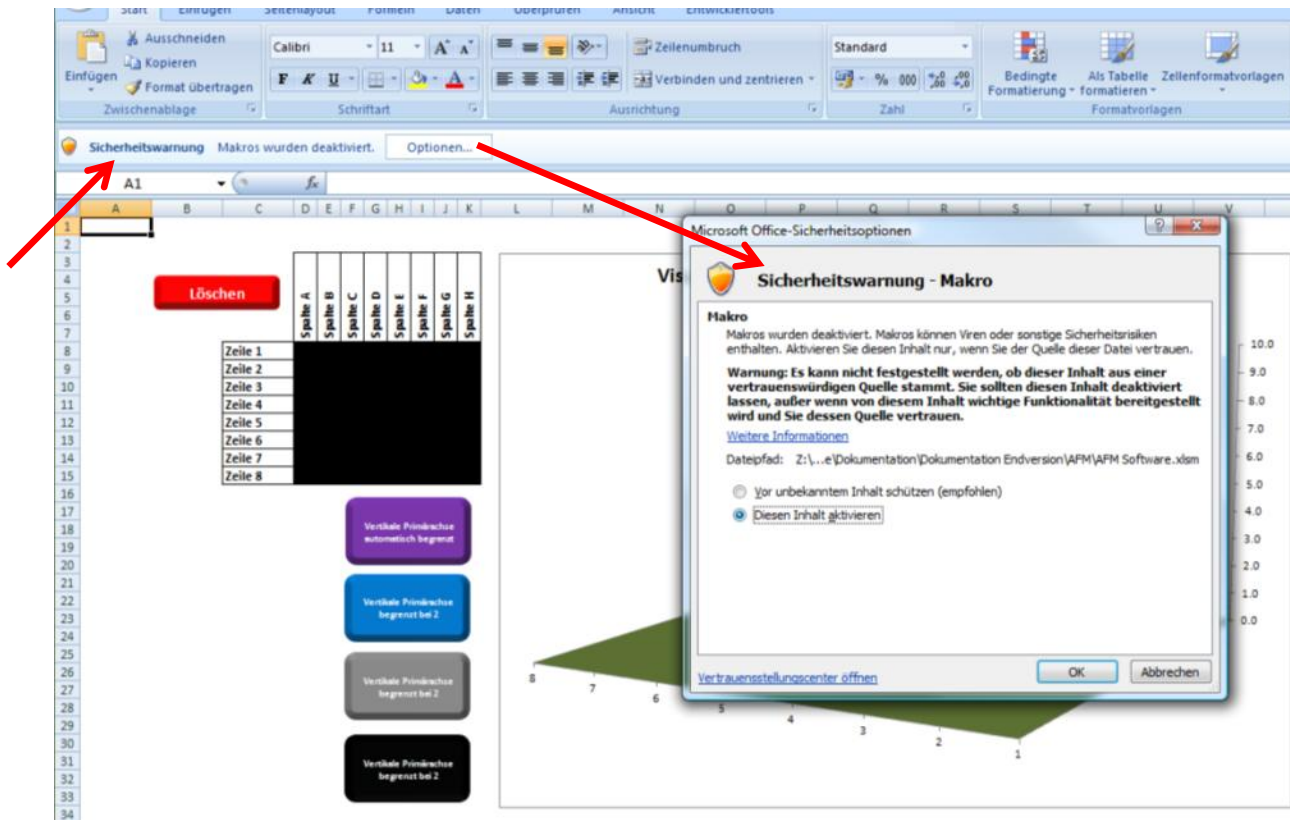
**Wichtig:** Das Scannen funktioniert nur in eine Richtung. Der Fühler muss für jede Spalte wieder in die Ausgangsposition gebracht werden. Beim Scannen kann es vorkommen, dass der Fühler zu rasch nach unten rutscht. Dann sollte er durch Anheben mit dem Finger auf den entsprechenden Zeilen-Wert zurückgeführt werden.

## Ausgangsposition Bahn A



## Verwendung der Excel-Tabelle (I)

- Die elektronische Dokumentation enthält 2 Excel-Dateien: Eine zur Messung, die andere als Demo-Version.
- Für Excel 2007 (und neuer) können die Standarddateien geöffnet werden. Ältere Versionen benötigen die xls97 Dateien.
- Beim Öffnen der Excel-Tabellen zuerst die **Makros** aktivieren: (vgl. Abb. / **rote Pfeile** Sicherheitswarnung: Optionen: Aktivieren!)



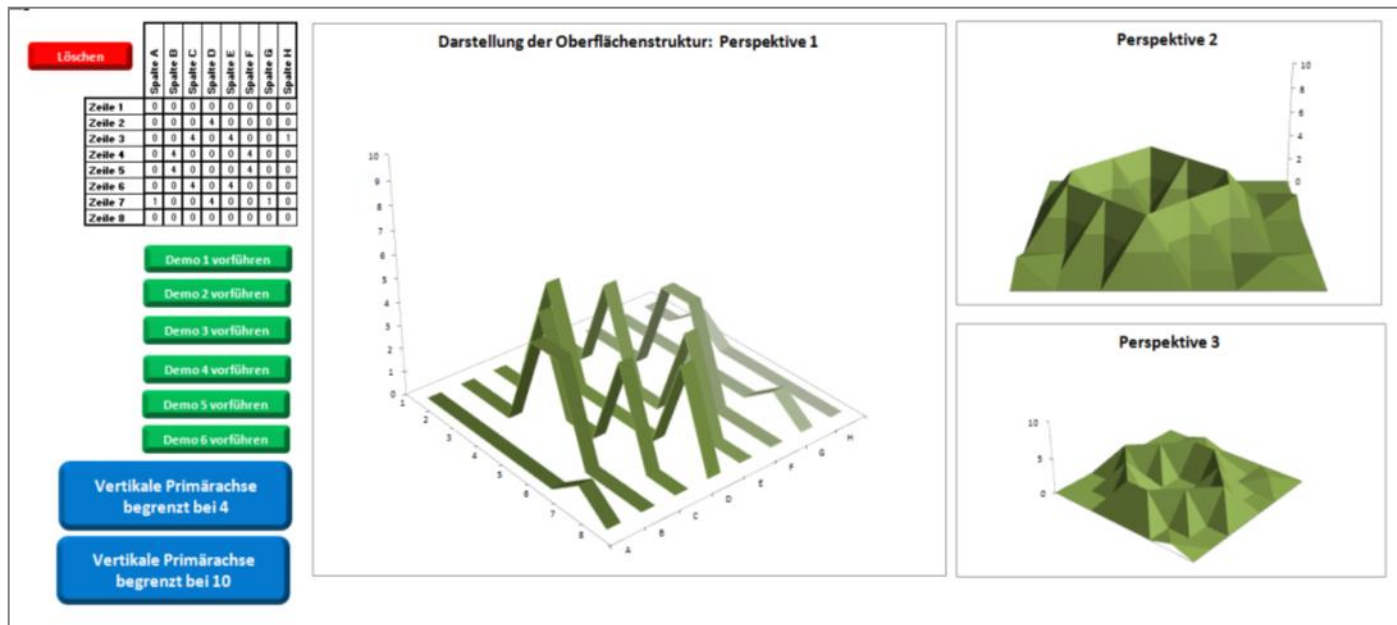
### Xls97-Dateien:

Für MS-Excel Versionen älter als Excel 2007 sollten die xls97 Dateien verwendet werden.

Für MacOS Betriebssysteme müssen ebenfalls die xls97 Dateien verwendet werden. Beim Öffnen der Datei müssen die Makros aktiviert werden!

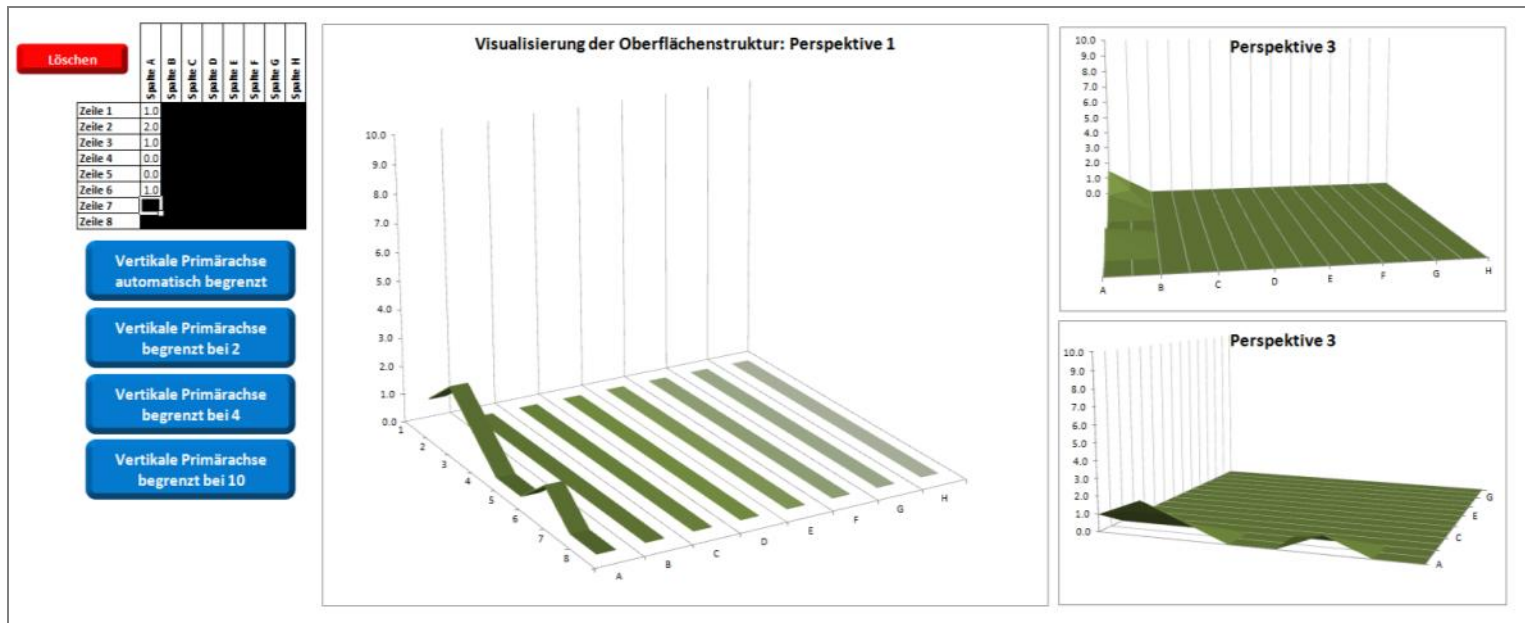
## Verwendung der Excel-Tabelle (II): Demo-Version

- Excel-Datei „AFM Software Demo“ öffnen und Makros aktivieren.
- Wenn die Makros aktiviert sind, können die roten Schaltflächen bedient werden.
- Das Betätigen der grünen Schaltflächen löst verschiedene Darstellungen einer AFM Messung aus.
- Die schwarz hinterlegte Tabelle stellt das zu scannende Raster dar. Nach jeder Demo erscheint die Tabelle weiss.
- Nach jeder Darstellung sollte die Schaltfläche „Löschen“ betätigt werden (vgl. Abbildung).
- Erst nachdem die vorangehende Demo-Darstellung gelöscht ist, kann die nächste Demo ausgelöst werden.
- Die blauen Schaltflächen dienen dazu, die vertikale Achse neu zu skalieren.
- **Wichtig: Falls Makros nicht aktiviert sind, tritt bei der Betätigung der Schaltflächen eine Fehlermeldung auf (→ Folie 36).**



## Verwendung der Excel-Tabelle (III): Messung

- Excel-Datei „AFM Software“ öffnen und Makros aktivieren.
- Die schwarz hinterlegte Tabelle stellt das zu scannende Raster dar.
- Alle einzelnen Messwerte des AFM Scans werden einzeln in die schwarze Tabelle eingetragen.
- Nachdem ein Wert eingetragen wurde, erscheint das Feld in der Tabelle weiss. Die Darstellung erfolgt automatisch.
- Die blauen Schaltflächen dienen dazu, die vertikale Achse neu zu skalieren (nur bei Perspektive 1!)
- Um den Scan rückgängig zu machen, kann die Schaltfläche „Löschen“ betätigt werden.
- **Wichtig: Falls Makros nicht aktiviert sind, tritt bei der Betätigung der Schaltflächen eine Fehlermeldung auf (→ Folie 36).**





So sollte die Mustervorlage nach dem Scan aussehen:

