

Augmented Reality im Web

Workshop von Methusshan Elankumaran

Wie schätzt ihr eure
Kenntnisse im Bereich
3D-Rendering ein?

Zeitplan

- Crashkurs: 3D-Rendering mit three.js ~ 50 Min
 - Szene und Kamera erstellen ~ 5 Min
 - Aufbau eines 3D-Modells & Buffering ~ 5 Min
 - Materials ~ 5 Min
 - Texturen ~ 5 Min
 - Transformationen ~ 5 Min
 - Licht ~ 5 Min
 - Aufgabe 1 ~ 20 Min
- Pause ~ 5 - 10 Min
- Augmented Reality mit three.js ~ 45 Min
 - Was ist Augmented Reality? ~ 5 Min
 - Aufbau einer AR-Szene in three.js ~ 10 Min
 - Hit-testing ~ 10 Min
 - Aufgabe 2 ~ 20 Min

Crashkurs: 3D-Rendering mit three.js

Szene erstellen

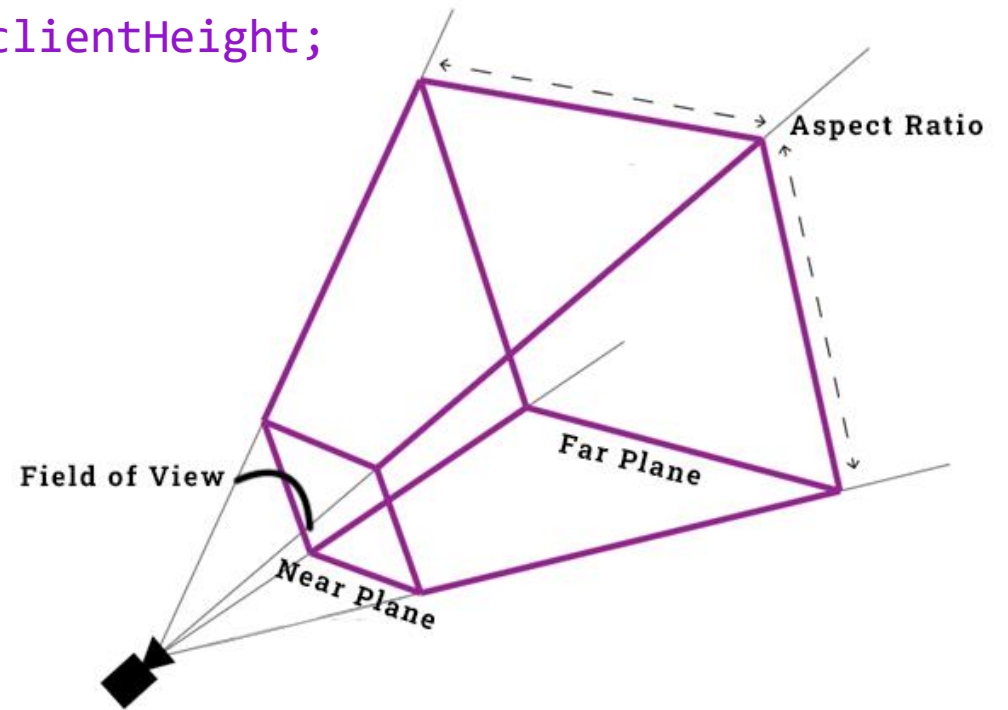
- In einer Szene werden alle Objekte einer 3D-Szene gespeichert

```
const scene = new THREE.Scene()
```

Kamera erstellen

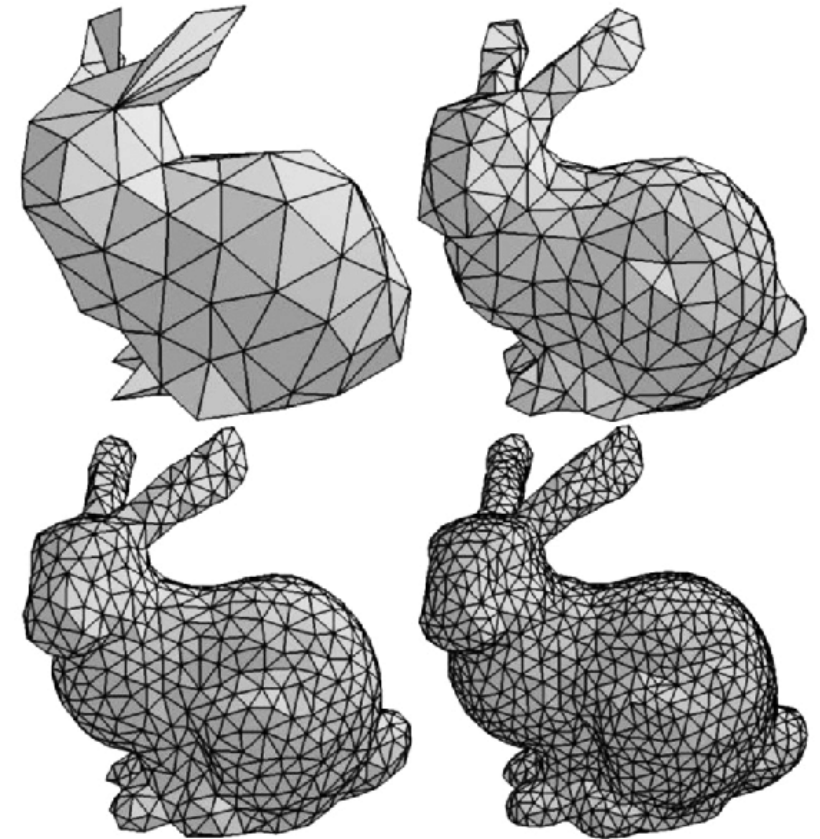
```
const fieldOfView = 55;  
const aspectRatio = canvas.clientWidth / canvas.clientHeight;  
const nearPlane = 0.1;  
const farPlane = 100;
```

```
const camera = new THREE.PerspectiveCamera(  
    fieldOfView,  
    aspectRatio,  
    nearPlane,  
    farPlane  
);
```



Aufbau eines 3D-Modells

- 3D-Modelle bestehen aus vielen Dreiecken
- Dreieckstruktur dient zur einfachen Speicherung der Daten
- Eckpunkte werden in sogenannte Buffer gespeichert



Geometrie in WebGL

Vertex Buffer Objects (VBO)

- Speicherort von Koordinaten in der GPU
- Verwendung der Daten im Vertex Shader



```
float vertices[] = {  
    0.5f, 0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    0.5f, -0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    -0.5f, 0.4f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    -0.5f, -0.5f, 0.0f, 0.7f, 0.4f, 0.3f,  
    0.5f, -0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    -0.5f, 0.4f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f  
}
```


Geometrie in WebGL

Vertex Array Objects (VAO)

- Register für VertexAttribPointer
- Weist den Werten Attribute zu



```
float vertices[] = {  
    0.5f, 0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    0.5f, -0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    -0.5f, 0.4f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    -0.5f, -0.5f, 0.0f, 0.7f, 0.4f, 0.3f,  
    0.5f, -0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    -0.5f, 0.4f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f  
    (position)           (color)  
}
```

Bufferobjekte in WebGL

Index Buffer Objects (IBO)

- Weist den Knotenpunkten Indexwerte zu
- Verhindert Duplikate

```
float vertices[] = {  
    0.5f, 0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    0.5f, -0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    -0.5f, 0.4f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f  
    -0.5f, -0.5f, 0.0f, 0.7f, 0.4f, 0.3f,  
    0.5f, -0.5f, 0.0f, 0.7f, 0.4f, 0.3f,  
    -0.5f, 0.4f, 0.0f, 0.7f, 0.4f, 0.3f  
    (position)                (color)  
}
```

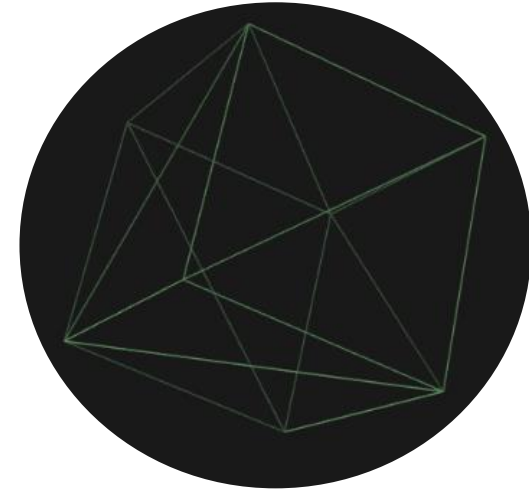
```
float vertices[] = {  
    (0) 0.5f, 0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    (1) 0.5f, -0.5f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f,  
    (2) -0.5f, 0.4f, 0.0f, 1.0f, 0.2f, 0.3f  
    (3) -0.5f, -0.5f, 0.0f, 0.7f, 0.4f, 0.3f,  
        (position)                (color)  
}
```

```
float indices[] = {  
    0,1,2  
    3,1,2  
}
```

Definition der Geometrie in three.js

Würfel/Quader:

```
const cubeSize = 4;  
const cubeGeometry = new THREE.BoxGeometry(  
    cubeSize,  
    cubeSize,  
    cubeSize);
```



Sphäre:

```
const sphereRadius = 3;  
const sphereWidthSegments = 32;  
const sphereHeightSegments = 16;  
const sphereGeometry = new THREE.SphereGeometry(  
    sphereRadius,  
    sphereWidthSegments,  
    sphereHeightSegments  
);
```

Materials

- Phong-Material
 - Vereinfachtes Lichtmodell
 - 3-Lichtarten: Ambient, Diffuse, Specular



Materials

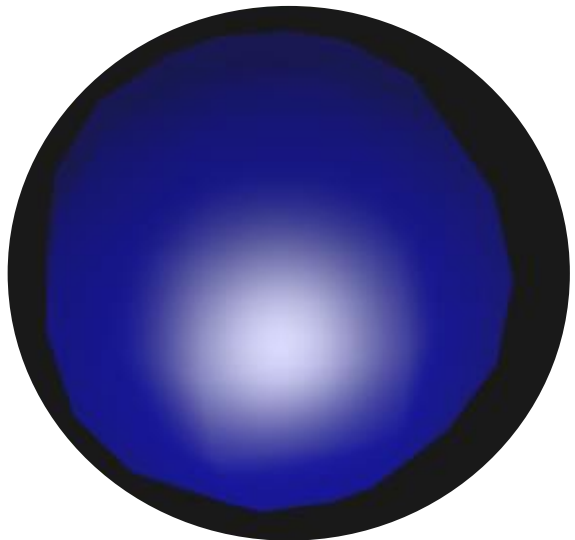
- Lambert-Material
 - Vereinfachtes Lichtmodell
 - 2-Lichtarten: Diffuse, Ambient



Materials

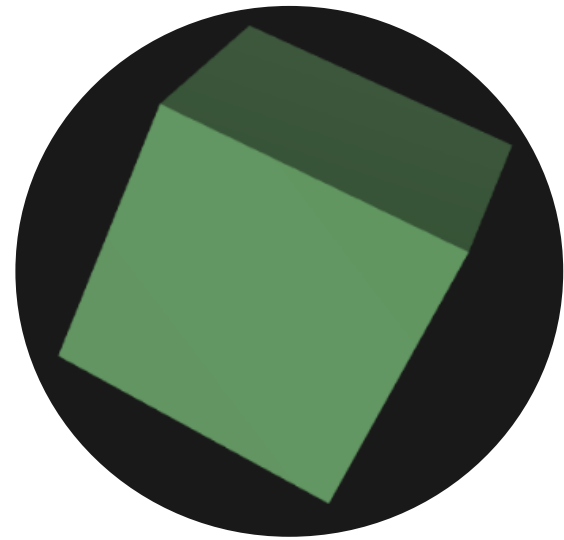
- Phong:

```
const sphereMaterial =  
new THREE.MeshPhongMaterial({  
    color: 'blue',  
    specular: 'white',  
    shininess: 20  
})
```



- Lambert:

```
const cubeMaterial =  
new THREE.MeshLambertMaterial({  
    color: 'lightgreen'  
});
```



Texturen – Texture Wrapping



Repeat



Mirrored Repeat



Clamp to Edge



Clamp to Border

Jeweils für beide Koordinatenachsen einstellbar

Texturen – Texture Wrapping

// Texture Loader erstellen

```
const textureLoader = new THREE.TextureLoader();
```

// Textur laden

```
const planeTextureMap = textureLoader.load('textures/pebbles.jpg');
```

// Texture Wrap für beide Achsen einstellen

```
planeTextureMap.wrapS = THREE.RepeatWrapping;
```

```
planeTextureMap.wrapT = THREE.RepeatWrapping;
```

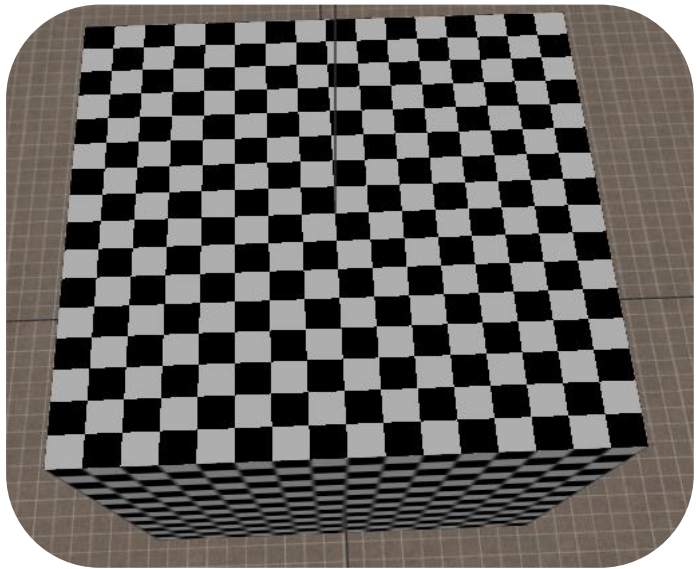
// Wiederholung der Textur einstellen

```
planeTextureMap.repeat.set(16, 16);
```


Texturen – Texture Filtering

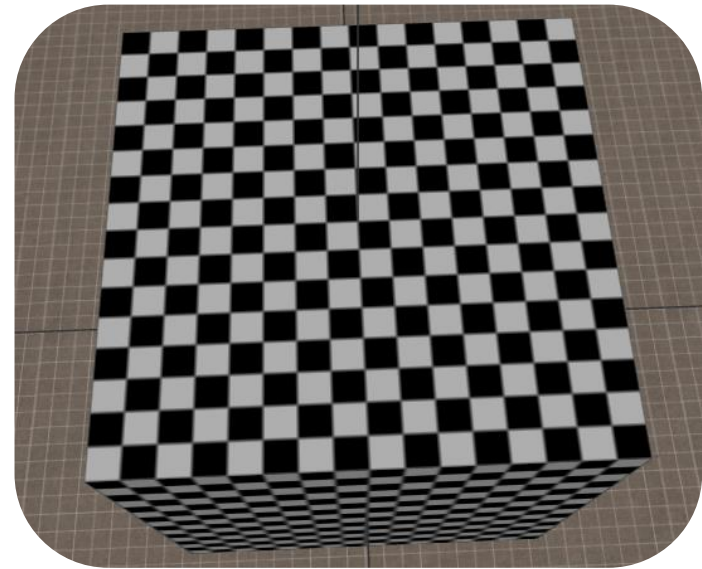
Nearest:

- Gibt immer den Farbwert des nächsten Pixels zurück



Linear:

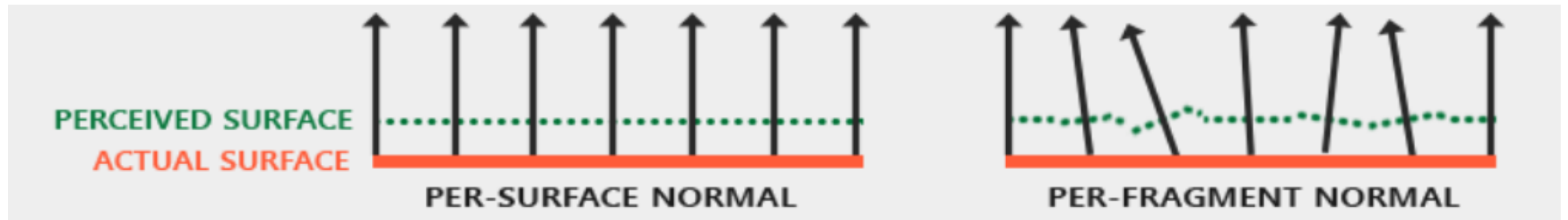
- Interpoliert zwischen den umliegenden Pixeln



Kann eingestellt werden für Vergrößerungs- und Verkleinerungs-Operationen

Texturen – Normal Mapping

- Anpassung der Normalenwerte eines Objektes durch eine Normal Map



Texturen – Normal Mapping



Ohne Normal Map

Mit Normal Map

Texturen – Einfügen von Texture und Normal Map in ein Material

```
const planeMaterial = new THREE.MeshLambertMaterial({  
    map: planeTextureMap,  
    side: THREE.DoubleSide,  
    normalMap: planeNorm  
})
```

Geometrie und Material/Texturen zusammenfügen

```
//Mesh definieren  
const cube = new THREE.Mesh(cubeGeometry, cubeMaterial);  
Position festlegen  
cube.position.set(cubeSize + 1, cubeSize + 1, 0);  
// Mesh zur Szene Hinzufügen  
scene.add(cube);
```

Transformationen

Translation:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x + T_x \\ y + T_y \\ z + T_z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Transformationen

Skalierung:

$$\begin{bmatrix} S_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_1 * x \\ S_2 * y \\ S_3 * z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Transformationen

Rotation um Achsen:

Rotation um die X-Achse

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ \cos \theta * y - \sin \theta * z \\ \sin \theta * y + \cos \theta * z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Rotation um die Y-Achse

$$\begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta * x + \sin \theta * z \\ y \\ -\sin \theta * x + \cos \theta * z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Rotation um die Z-Achse

$$\begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta * x - \sin \theta * y \\ \sin \theta * x + \cos \theta * y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Transformationen

Rotation um Achsen:

- Translation zum Ursprung
- Rotation um Achsen
- Translation zurück zur ursprünglichen Position

Transformationen

Transformationen in Three.js

Translation:

`(Mesh).position.set(x,y,z)` oder `(Mesh).position.x/y/z = Wert`

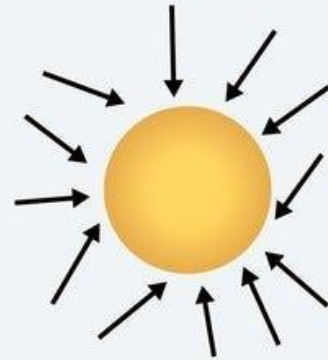
Skalierung:

`(Mesh).scale.set(x,y,z)` oder `(Mesh).scale.x/y/z = Wert`

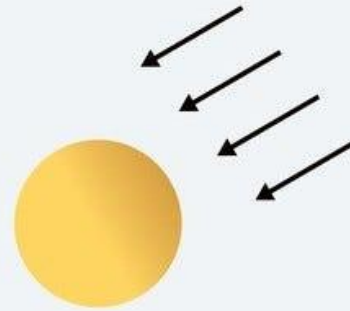
Rotation:

`(Mesh).rotation.set(x,y,z)` oder `(Mesh).rotation.x/y/z = Wert`

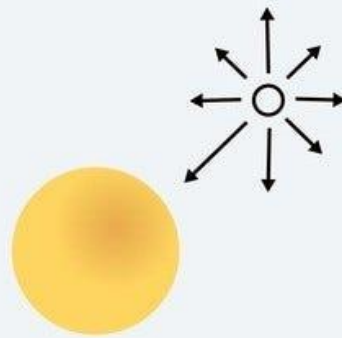
Licht



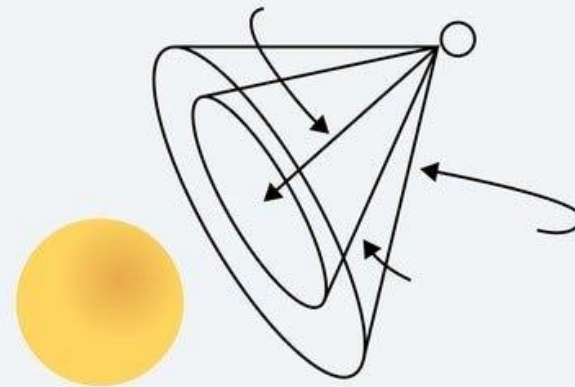
Ambient Light



Directional Light



Point Light



Spot Light

Licht

Ambient Light:

```
const ambientColor = 0xffffffff;
const ambientIntensity = 0.2;
const ambientLight = new
THREE.AmbientLight(ambientColor,
ambientIntensity);
scene.add(ambientLight);
```

Point Light:

```
const pointColor = 0xff0000;
const pointIntensity = 1;
const distance = 100;
const distanceLight = new
THREE.PointLight( pointColor,
pointIntensity, pointDistance);
distanceLight.position.set( 50, 50, 50
);
scene.add( distanceLight );
```

Directional Light:

```
const directionalColor = 0xffffffff;
const directionalIntensity = 1;
const directionalLight = new
THREE.DirectionalLight(directionalColor,
directionalIntensity);
directionalLight.position.set( 50, 50,
50 );

directionalLight.target = (Mesh);
scene.add(directionalLight);
```

Animation

```
function animate(time) {  
    time *= 0.001  
    requestAnimationFrame(animate)  
    // Animationseinstellungen bspw. sphere.rotation.x += 0.005;  
    render()  
}  
animate()  
  
function render() {  
    gl.render(scene, camera)  
}
```

Aufgabe 1

Erstelle eine Szene in three.js, die einen Würfel beinhaltet, die drei sich im Textur-Ordner befindenden Texturen enthält. Lasse diesen sich kontinuierlich um die X- und Y-Achse drehen. Füge ein Directional Light hinzu, welches auf die Kugel zeigt. Wrapping-Einstellungen für die Texturen können selbst gewählt werden.

Pause

Augmented Reality mit Three.js

Was ist Augmented Reality?

- Die Erweiterung der Realität durch die Anreicherung mit computergerierten Informationen
- Wird durch eine Kombination aus Hardware- und Software realisiert
- Bspw: Smartphone oder AR-Brillen

Historie von Augmented Reality

- 1968: Erfindung von AR durch Ivan Sutherland
- 1974: Myron Krüger baut ein HMD, welches auch Schatten visualisiert
- 1990: Der Name „Augmented Reality“ wird geboren

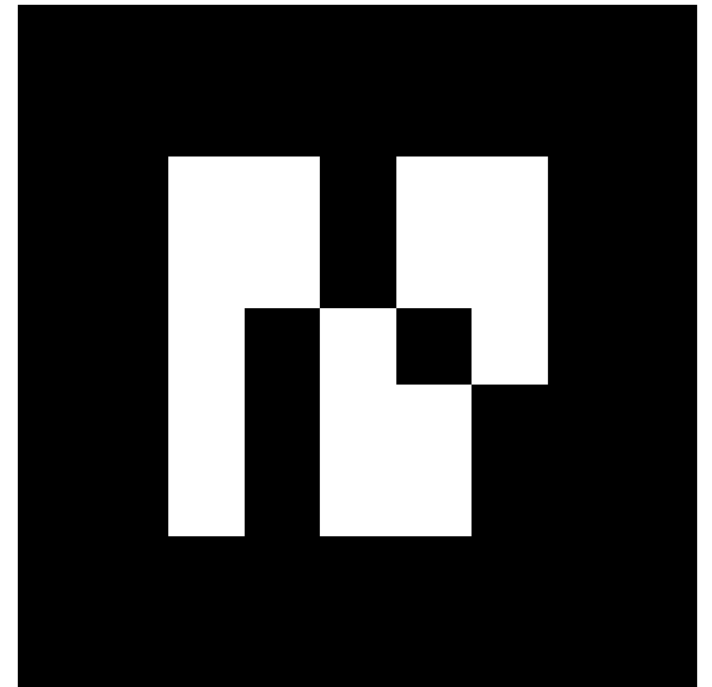
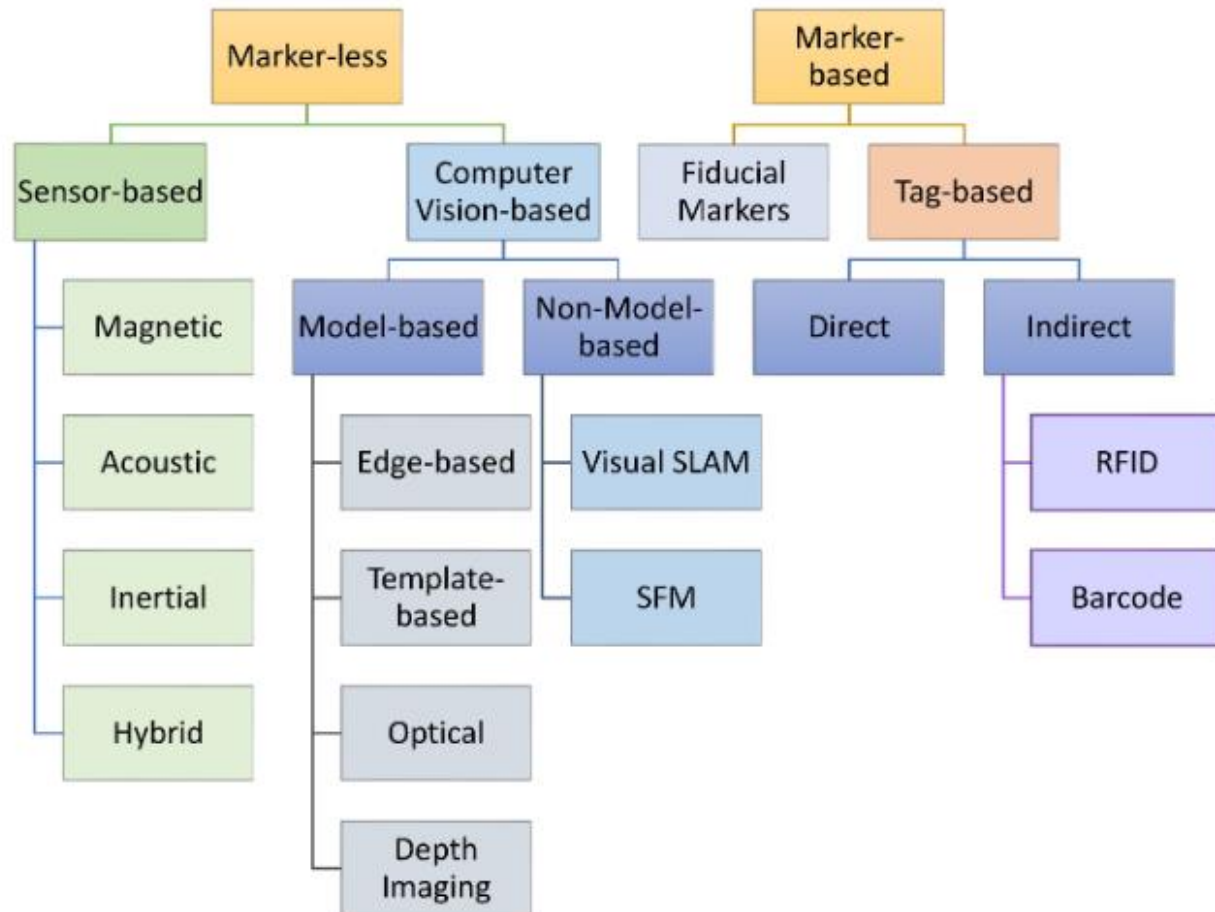


Historie von Augmented Reality

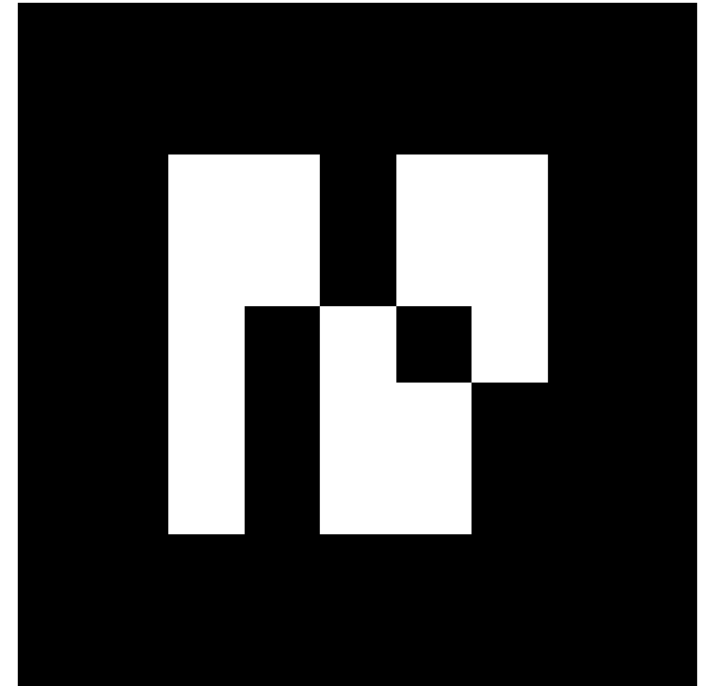
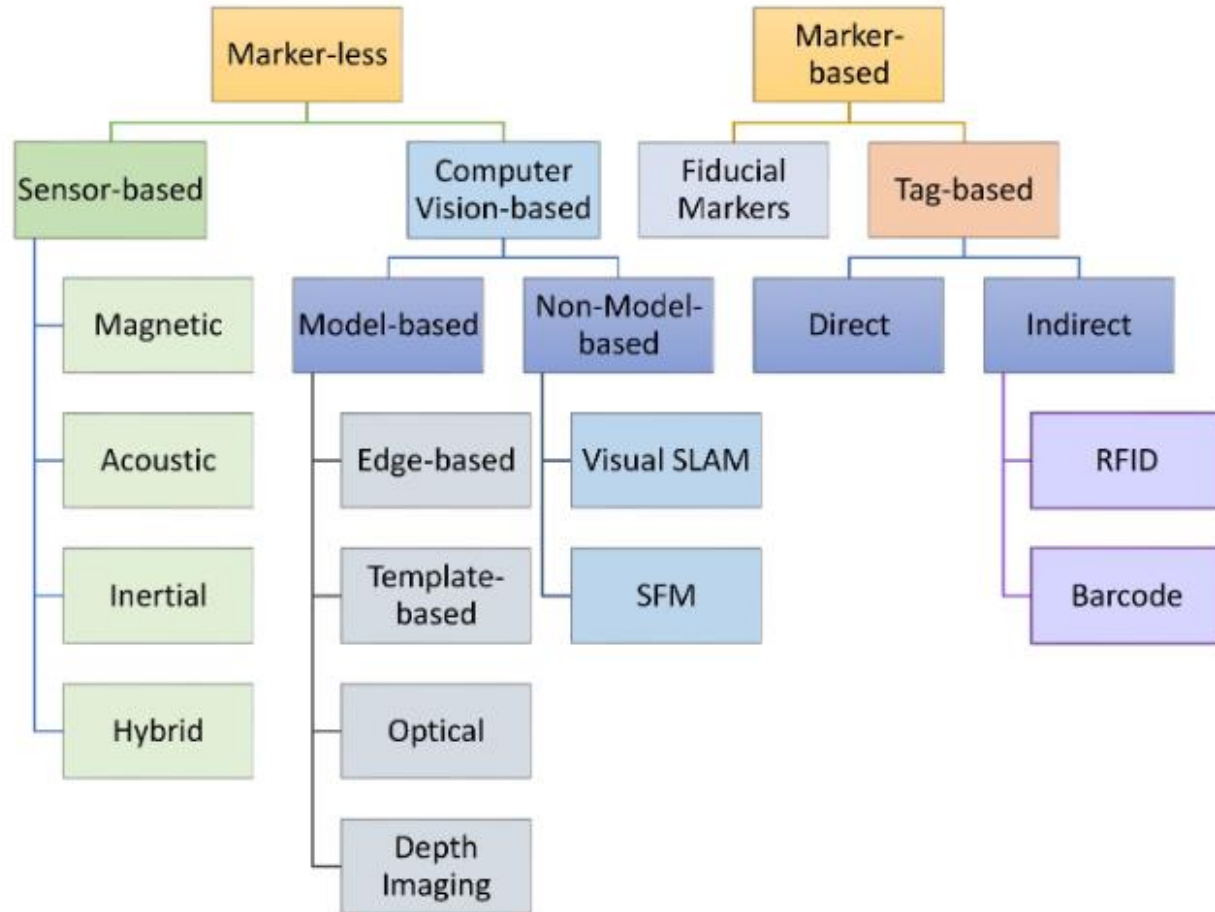
- 1968: Erfindung von AR durch Ivan Sutherland
- 1974: Myron Krüger baut ein HMD, welches auch Schatten visualisiert
- 1990: Der Name „Augmented Reality“ wird geboren



Tracking Verfahren



Aufbau einer AR-Szene in Three.js



Aufbau einer AR-Szene in Three.js

- `loadScene()`
- `init()`
- `onRequestSession()`
- `onSessionStarted()`
- `setupWebGLLayer()`
- `animate()`
- `render(time)`
- `endXrSession()`
- `onSessionEnd()`

Laden einer Szene

- Laden des Canvas und des WebGL-Layers

```
function loadScene() {  
    // setup WebGL  
    glCanvas = document.createElement('canvas');  
    gl = glCanvas.getContext('webgl', { antialias: true });  
    ...  
}
```

Laden einer Szene

- Erstellen einer Kamera und einer Szene

```
camera = new THREE.PerspectiveCamera(  
    70,  
    window.innerWidth / window.innerHeight,  
    0.01,  
    1000  
);  
  
scene = new THREE.Scene();
```


Laden einer Szene

- Erstellen eines Lichts

```
var light = new THREE.HemisphereLight( 0xffffffff, 0xbbbbff, 1 );  
light.position.set( 0.5, 1, 0.25 );  
scene.add( light );
```

Laden einer Szene

- Erstellen eines WebGL-Renderers

```
renderer = new THREE.WebGLRenderer({  
  canvas: glCanvas,  
  context: gl  
});  
renderer.setPixelRatio( window.devicePixelRatio );  
renderer.setSize( window.innerWidth, window.innerHeight );  
renderer.xr.enabled = true;  
document.body.appendChild( renderer.domElement );
```

Laden einer Szene

- Erstellen eines WebGL-Renderers

```
renderer = new THREE.WebGLRenderer({  
  canvas: glCanvas,  
  context: gl  
});  
renderer.setPixelRatio( window.devicePixelRatio );  
renderer.setSize( window.innerWidth, window.innerHeight );  
renderer.xr.enabled = true;  
document.body.appendChild( renderer.domElement );
```

Check für Support von WebXR

```
function init() {  
    navigator.xr.isSessionSupported('immersive-ar')  
        .then((supported) => {  
            if (supported) {  
                // create button element to advertise XR  
                btn = document.createElement("button");  
                // add 'click' event listener to button  
                btn.addEventListener('click', onRequestSession);  
                btn.innerHTML = "Enter XR";  
                var header = document.querySelector("header");  
                header.appendChild(btn);  
            }  
        })  
}
```

Check für Support von WebXR

```
    else {  
        // create fallback session  
        navigator.xr.isSessionSupported('inline')  
            .then((supported) => {  
                if (supported) {  
                    console.log('inline session supported');  
                }  
                else {  
                    console.log('inline not supported');  
                }  
            })  
    }  
})  
.catch((reason) => {  
    console.log('WebXR not supported: ' + reason);  
})
```

XR-Session anfragen

```
function onRequestSession(){  
    console.log("requesting session");  
    navigator.xr.requestSession(  
        'immersive-ar',  
        {requiredFeatures: ['viewer', 'local']})  
        .then(onSessionStarted)  
        .catch((reason) => {  
            console.log('request disabled: ' + reason.log);  
        });  
}
```

XR-Session starten

1. Buttons umstellen

```
btn.removeEventListener('click', onRequestSession);  
btn.addEventListener('click', endXRSession);  
btn.innerHTML = "STOP AR";
```

2. XR-Session in Variable speichern

```
xrSession = session;
```

3. Verbindung von XR-Session und Canvas-Context

```
function setupWebGLLayer() {  
    return gl.makeXRCompatible().then(() => {  
        xrSession.updateRenderState(  
            {baseLayer: new XRWebGLLayer(xrSession, gl)}));  
    });  
}
```

XR-Session starten

4. Reference Space und XR-Session setzen

```
setupWebGLLayer()  
  .then(()=> {  
    renderer.xr.setReferenceSpaceType('local');  
    renderer.xr.setSession(xrSession);  
    animate();  
  })
```

5. Animate() und Render() definieren und aufrufen

```
function animate() {  
  renderer.setAnimationLoop(render);  
}  
  
function render(time) {  
  renderer.render(scene, camera);  
}
```

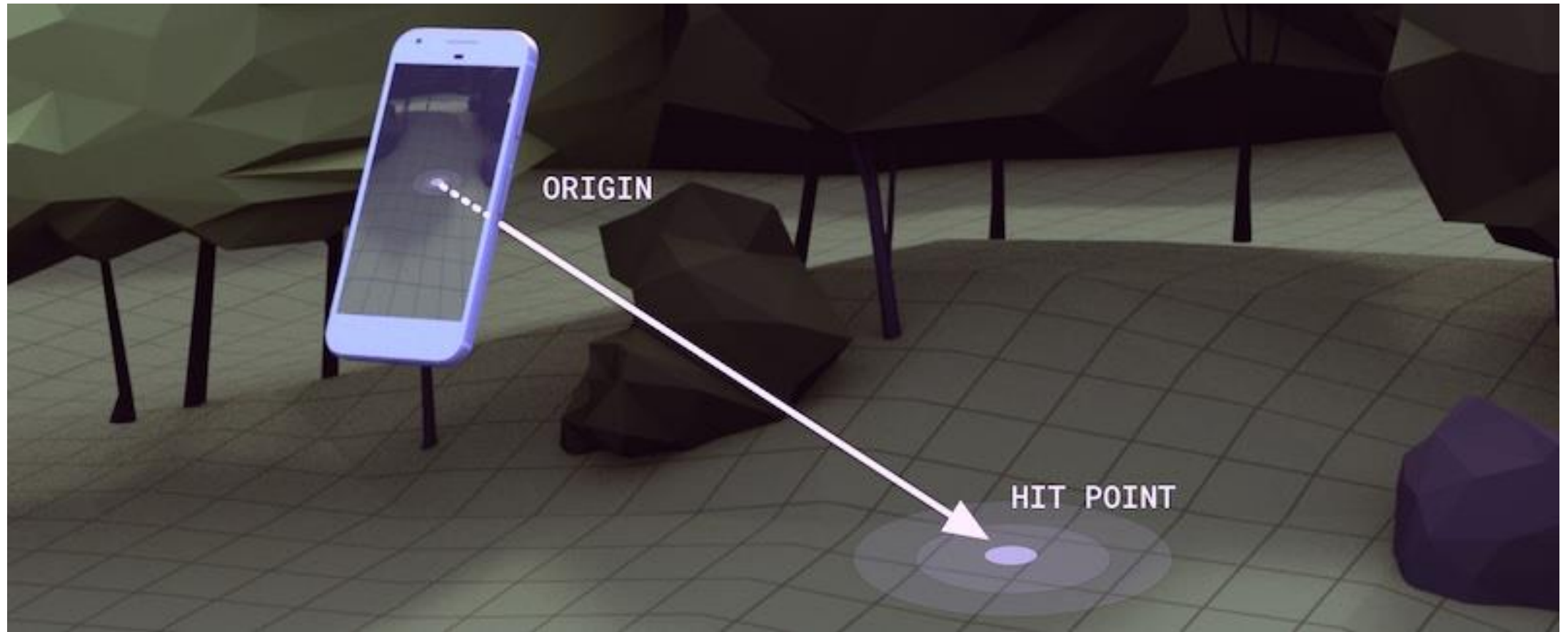

XR-Session beenden

```
function endXRSession() {  
    if (xrSession) {  
        console.log('ending session...');  
        xrSession.end().then(onSessionEnd);  
    }  
}
```

Zurücksetzen aller Einstellungen

```
function onSessionEnd() {  
    xrSession = null;  
    console.log('session ended');  
    btn.innerHTML = "START AR";  
    btn.removeEventListener('click', endXRSession);  
    btn.addEventListener('click', onRequestSession);  
}
```

Hit-Testing



Hit-Testing

Neue globale Variablen:

```
var reticle;  
var xrViewerPose;  
var hitTestSource = null;  
var hitTestSourceRequested = false;
```

Neue Globale Variablen

```
var reticle;  
var xrViewerPose;  
var hitTestSource = null;  
var hitTestSourceRequested = false;
```

Reticle erstellen

```
reticle = new THREE.Mesh(  
    new THREE.RingBufferGeometry(0.15, 0.2,  
    32).rotateX(-Math.PI / 2),  
    new THREE.MeshBasicMaterial({color: "#00FF00"})  
);  
reticle.matrixAutoUpdate = false;  
reticle.visible = false;  
scene.add(reticle);
```

Session anfragen

```
navigator.xr.requestSession('immersive-ar',  
{requiredFeatures: ['hit-test'], optionalFeatures:  
['local-floor']})
```

Render

```
function render(time, frame) {  
  if (frame) {  
    var referenceSpace = renderer.xr.getReferenceSpace('local');  
    var session = frame.session;  
    xrViewerPose = frame.getViewerPose(referenceSpace);  
    if (hitTestSourceRequested === false) {  
      session.requestReferenceSpace("viewer").then((referenceSpace) => {  
        session.requestHitTestSource({space: referenceSpace})  
          .then((source) => {hitTestSource = source;})  
      });  
      session.addEventListener("end", () => { hitTestSourceRequested = false; hitTestSource = null});  
    }  
  }  
}
```


Render

```
    if (hitTestSource) {
        var hitTestResults = frame.getHitTestResults(hitTestSource);
        if (hitTestResults.length > 0) {
            var hit = hitTestResults[0];
            reticle.visible = true;
            reticle.matrix.fromArray(hit.getPose(referenceSpace).transform.matrix);
        } else {
            reticle.visible = false;
        }
    }
    renderer.render(scene, camera);
}
```

Render

```
    if (hitTestSource) {
        var hitTestResults = frame.getHitTestResults(hitTestSource);
        if (hitTestResults.length > 0) {
            var hit = hitTestResults[0];
            reticle.visible = true;
            reticle.matrix.fromArray(hit.getPose(referenceSpace).transform.matrix);
        } else {
            reticle.visible = false;
        }
    }
    renderer.render(scene, camera);
}
```

Aufgabe 2

Implementiere eine Anwendung, die eine beliebige Anzahl an Vasen auf ebenen Flächen platziert. Es muss nur der Hit-Test implementiert werden, der EventListener zum Laden und Platzieren der Objekte existiert bereits.

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!