



360° FOTOGRAFIE

DIE WELT IST NICHT FLACH.



"Willkommen in der 3. Dimension!"

Schön, dass du dich dazu entschieden hast, die flache Welt der Standard-Fotografie hinter dir zu lassen. 360°- und VR-Medien erfordern ein radikales Umdenken: Es gibt kein "Hinter der Kamera" mehr.

Dieses Handout habe ich für dich zusammengestellt, damit du die wichtigsten Grundlagen aus unserem Kurs jederzeit nachschlagen kannst. Von der Hardware über die korrekte Platzierung der Kamera bis hin zum Stitching.

Viel Spaß beim Ausprobieren und Eintauchen!

THEMENÜBERSICHT

- Wie funktioniert 360°?
- Sinnvolles Zubehör
- Der Parallaxenfehler
- Lichtführung (Available Light)
- Hardware: Kamera, PC, Brille
- Aufnahmeplanung & Regeln
- Kamera-Positionierung
- 2D vs. 3D & Stitching

Im Gegensatz zu einer normalen Kamera, die nur einen bestimmten Bildwinkel (z.B. 60 Grad) erfasst, zeichnet eine 360°-Kamera eine vollständige Kugel (Sphäre) um sich herum auf. Das Bild umfasst 360 Grad horizontal und 180 Grad vertikal.

📷 DAS LINSEN-ARRAY

Um eine Kugel zu fotografieren, nutzen professionelle Kameras (wie die Insta360 Pro 2 oder Titan) nicht nur eine, sondern **6 bis 8 Weitwinkel-Linsen**, die ringförmig angeordnet sind.

- Jede dieser Linsen nimmt ein einzelnes, extrem weitwinkliges Bild auf.
- Die Blickwinkel der Linsen überschneiden sich an den Rändern stark (Overlapping).
- Nur durch diese starke Überschneidung kann die Software später erkennen, wie die Bilder nahtlos aneinandergesetzt werden müssen.

🧩 DER STITCHING-PROZESS

"**Stitching**" (**Nähen**) nennt man den Prozess in der Postproduktion. Eine spezielle Software nimmt die z.B. 6 Einzelbilder der Linsen, sucht nach exakt gleichen Pixeln in den überlappenden Rändern und "vernäht" diese zu einem einzigen, flachen, rechteckigen Panoramabild (der sogenannten Äquirektangularen Projektion).

PROJEKTIONS-ART	ERKLÄRUNG & AUSWIRKUNG
Sphäre (Kugel)	Die natürliche Form des 360°-Bildes. Der Betrachter steht genau im Mittelpunkt dieser Kugel (z.B. in der VR-Brille).
Äquirektangulär	Das entfaltete, flache Bild (wie eine Weltkarte). Die Pole (Zenit/Himmel und Nadir/Boden) sind extrem verzerrt und in die Breite gezogen. Verhältnis ist immer exakt 2:1 (z.B. 8000 × 4000 Pixel).
Little Planet	Ein beliebter grafischer Effekt, bei dem die Kugel quasi "umgestülpt" wird. Der Boden bildet eine kleine Planetenkugel in der Mitte, der Himmel umschließt den Rand.



Beispiel: Ein äquirektanguläres Bild. Beachte die typisch extremen Verzerrungen an den seitlichen und oberen Rändern!

Die Wahl der Hardware definiert deinen Workflow. 360°-Dateien (insbesondere Video) sind gigantisch groß. Hier ist ein Überblick über die Standards vom Einsteiger bis zum High-End-Profi.

■ DIE KAMERAS

1. Minimalstandard (Consumer)

Beispiele: Insta360 X3 / X4, Ricoh Theta SC2

Besitzen nur 2 Linsen (vorne/hinten). Internes Stitching in der Kamera. Optimal für schnelle virtuelle Immobilien-Touren, Vlogs oder Social Media. Nachteil: Keine echten 3D-Aufnahmen möglich, kleiner Sensor (schlecht bei wenig Licht).

2. Mittelklasse (Prosumer / Business)

Beispiele: Insta360 Pro 2, Kandao Obsidian Go, Ricoh Theta Z1

6 bis 8 Linsen. Aufnahmen in stereoskopischem 3D (meist 8K). Große SD-Karten-Arrays, manuelles Stitching am PC nötig. Der Goldstandard für professionelle VR-Touren, Konferenzen und Imagefilme.

3. High-End (Cinematic VR)

Beispiele: Insta360 Titan, Kandao Obsidian Pro

Riesige Micro-Four-Thirds Sensoren. 11K bis 12K Auflösung. Gewaltiger Dynamikumfang und perfekte Nachtsicht. Nachteil: Extrem teuer, sehr schwer, massiver Datenhunger (Terrabytes an Daten für kurze Clips).

🕶️ DIE VR-BRILLEN (HEADSETS)

Minimal	<i>Meta Quest 2.</i> Ausreichend für Web-Touren und erste VR-Erlebnisse.
Mittelklasse	<i>Meta Quest 3.</i> Hervorragende Linsen (Pancake), gute Auflösung, kabellos. Aktueller Preis-Leistungs-Sieger für Kundenpräsentationen.
High-End	<i>Apple Vision Pro / HTC Vive Pro 2 / Varjo.</i> Kristallklare Displays, perfektes Tracking, oft PC-gebunden (außer Apple).

🖥️ DER SCHNITT-RECHNER (WORKSTATION)

Normale Office-Laptops kapitulieren beim 8K-Stitching. Eine VR-Workstation benötigt:

- **Prozessor (CPU):** Mindestens Intel i7 / Ryzen 7 (besser i9 / Ryzen 9) für flüssiges Rendering.
- **Arbeitsspeicher (RAM):** Absolutes Minimum sind 32 GB. Empfohlen sind 64 GB bis 128 GB.
- **Grafikkarte (GPU):** Das Herzstück! Die Software nutzt die GPU massiv. Nvidia RTX 3070/4060 (Mittelklasse) bis hin zur RTX 4090 (High-End).
- **Speicher:** Mehrere extrem schnelle NVMe M.2 SSDs (Datenmengen sprengen normale Festplatten sofort).

SINNVOLLES (UND NÖTIGES) ZUBEHÖR

Die Kamera allein reicht nicht. Ohne das richtige Zubehör ist ein reibungsloser 360°-Dreh unmöglich:

- **Das VR-Stativ (Monopod):** Nutze niemals ein Standard-Dreibeinstativ mit großen Auslegern! Diese sind später riesig im Bild (Nadir) zu sehen. Nutze spezielle VR-Monopods mit einem sehr schmalen Standfuß.
- **Sandbags / Gewichte:** Da VR-Stativ einen kleinen Fuß haben und die schwere Kamera ganz oben sitzt (Hebelwirkung!), kippen sie beim kleinsten Windstoß um. Beschwere den Fuß immer mit Stativgewichten!
- **Mikrofaser-Tücher:** Ein absolutes Must-Have! Ein einziger Fingerabdruck auf einer der 6 Linsen ruiniert das gesamte Panorama. Putze die Linsen vor *jeder* Aufnahme.
- **Schnelle Speicherkarten:** Die Kameras schreiben parallel 6 extrem hochauflösende Videospuren. Nutze zwingend schnelle V30 oder V60 MicroSD/SD-Karten (am besten alle von der gleichen Marke/Charge).
- **Powerbanks / V-Mount Akkus:** 360°-Kameras verbrauchen enorm viel Strom. Eine große, an den Stativfuß geschnallte Powerbank rettet den Drehtag.
- **Tablet / Smartphone:** Du kannst bei der Aufnahme nicht hinter der Kamera stehen. Ein Tablet dient als Fernauslöser und Vorschaumonitor aus dem Versteck.

DIE AUFNAHMEPLANUNG (PRE-PRODUCTION)

Eine gute VR-Produktion entsteht im Kopf, bevor die Kamera überhaupt aufgebaut ist. Plane folgende Punkte im Voraus:

- 1. Location-Scouting:** Wo sind die spannendsten Räume? Zu welcher Uhrzeit fällt das Licht am besten durch die Fenster? Gibt es Säulen oder Nischen, in denen ich mich als Fotograf verstecken kann?
- 2. Storyboard & Blickführung:** Wo startet der Zuschauer in der VR-Brille? Was ist sein initialer Blickpunkt (Center-Point)? Stelle sicher, dass die "Front-Linse" der Kamera immer auf das wichtigste Geschehen im Raum gerichtet ist.
- 3. Der Ablaufplan:** Werden die Szenen in der richtigen Reihenfolge gedreht? Habe ich genug Zeit eingeplant, um nach jedem Raumwechsel die Kamera penibel neu zu leveln (ins Wasser zu stellen)?

Checkliste: Unmittelbar vor dem Klick!

- Steht das Stativ absolut sicher und wackelfrei?
- Ist die Kamera zu 100% in der Waage (Gyroskop / Wasserwaage)?
- Sind alle 6 Linsen penibel sauber geputzt?
- Habe ich mich gut genug versteckt (keine Spiegelungen in Fenstern)?

Der größte Feind eines perfekten 360°-Bildes ist die Parallaxe (oder der Parallaxenfehler). Er entsteht, weil die 6 Linsen deiner Kamera nicht alle exakt am selben Punkt im Raum sitzen, sondern ringförmig angeordnet sind. Jede Linse sieht die Welt aus einem leicht anderen Winkel.

⚠️ WAS PASSIERT BEIM STITCHING?

Wenn ein Objekt (z.B. eine Person oder eine Säule) **zu nah** an der Kamera steht, befindet es sich genau auf der "Nahtstelle" zwischen zwei Linsen. Da Linse A die Nase der Person von links sieht und Linse B die Nase von rechts sieht, kann die Software die beiden Bilder nicht fehlerfrei übereinanderlegen.

- **Das Resultat: Geisterbilder, abgeschnittene Körperteile, abgeknickte Linien im Raum (die gefürchteten "Stitching-Lines").**



Objekt zu nah (< 1 Meter)

Das Objekt überschneidet extrem die Sichtfelder zweier Linsen. Massive Stitching-Fehler sind unvermeidbar.



Objekt weit entfernt (> 2 Meter)

Der Blickwinkel beider Linsen auf das Objekt nähert sich an. Die Software kann das Bild perfekt nahtlos vernähen.

🛡️ DIE SAFETY-DISTANCE (SICHERHEITSABSTAND)

Um Parallaxenfehler zu vermeiden, musst du zwingend den minimalen Sicherheitsabstand deiner Kamera kennen und einhalten!

Faustregel: Halte Personen und wichtige, filigrane Objekte (z.B. Geländer, Tischkanten) immer mindestens 1,5 bis 2 Meter von der Kamera entfernt!

SITUATION	LÖSUNG / VORGEHENSWEISE
Ein Moderator / Sprecher steht vor der Kamera.	Stelle ihn exakt frontal vor EINE Hauptlinse (nicht zwischen zwei Linsen) und halte 1,5m Abstand.
Du filmst in einem sehr engen Flur.	Die Wände sind zu nah. Richte die Kamera so aus, dass die Linsen nicht direkt auf eine glatte, strukturlose Wand zeigen. Die Nahtlinien auf den Boden verlegen.
Kamera steht auf einem Tisch.	Vermeide es! Die Tischkante ist zu nah und wird garantiert "abbrechen". Nutze immer ein Monopod (Einbeinstativ).

Wo du die Kamera im Raum aufstellst, entscheidet später darüber, wie sich der Betrachter in der VR-Brille fühlt. In der 360°-Welt bist **du** nicht der Fotograf – die Kamera vertritt den Kopf des späteren Zuschauers!

↑ DIE RICHTIGE HÖHE (EYE-LEVEL)

Stellst du die Kamera auf den Boden, fühlt sich der Betrachter später wie ein Hund. Stellst du sie auf 2,50 Meter, fühlt er sich wie ein Riese.

Tipp: Platziere die Objektive der Kamera immer exakt auf der durchschnittlichen Augenhöhe (ca. 1,60m bis 1,70m). Filmst du sitzende Personen (z.B. Konzertpublikum oder eine Konferenz), senke das Stativ auf die Sitz-Augenhöhe ab (ca. 1,20m).

↑ LEVELING (DIE KAMERA IM WASSERBAD)

Der wichtigste Schritt vor der Aufnahme!

Eine 360°-Kamera MUSS zu 100% waagrecht ausgerichtet sein (Libelle/Gyroskop nutzen!). Wenn die Kamera leicht schief steht, kippt der gesamte Horizont der 360°-Sphäre. Der Zuschauer in der VR-Brille wird dadurch buchstäblich **seekrank** (Motion Sickness).

✂ NADIR UND ZENIT

Die Pole der 360°-Kugel haben spezielle Namen und Herausforderungen:

Der Zenit (Oben)

Der Himmel oder die Decke. Hier gibt es meist die wenigsten Probleme. Achte nur darauf, dass keine tief hängenden Lampen zu nah über den oberen Linsen hängen (Parallaxenfehler!).

Der Nadir (Unten)

Der Boden. Hier steht dein Stativ! Da die Kameras nach unten blicken, ist dein Stativ **immer** im Bild.

Wie versteckt man das Stativ (Nadir-Patch)?

- Verwende immer ein sehr schlankes Einbeinstativ (Monopod) ohne abstehende Griffe, damit der Fleck am Boden minimal bleibt.
- In der Postproduktion fügst du ein kleines rundes Logo (Nadir-Patch) genau über das Stativ ein.
- Alternativ: Mache ein normales Foto vom Boden ohne Stativ und retuschiere es in Photoshop über das 360°-Bild (aufwendig!).

In der klassischen Fotografie stellt man riesige Softboxen, Blitzanlagen und Reflektoren auf – denn alles, was hinter der Kamera steht, sieht man nicht. **In 360 Grad gibt es kein "Hinter der Kamera"!**

⚙️ AVAILABLE LIGHT IST KING

Du musst mit dem Licht arbeiten, das der Raum dir natürlich bietet (Available Light). Schalte alle Deckenlampen an, öffne Vorhänge oder dimme das Raumlicht gezielt.

Verstecken spielen (Lighting Hacks):

Wenn du künstliches Licht (LED-Panels) hinzufügen musst, musst du extrem kreativ werden:

- Verstecke LED-Leuchten hinter Säulen, Sofas oder um die Ecke im Türrahmen.
- Klemme kleine, leistungsstarke LED-Cubes auf hohe Regale, die nach oben gegen die weiße Decke strahlen (indirektes Licht erzeugt eine weiche Grundhelligkeit im Raum).
- Nutze das Stativ selbst: Befestige eine kleine Ringleuchte direkt UNTER der 360°-Kamera am Stativrohr, um dunkle Böden oder Tischmitten aufzuhellen.

📌 DIE HERAUSFORDERUNG: EXTREME KONTRASTE

Oft filmst/fotografierst du in einem dunklen Raum, aber eine Linse schaut genau aus dem hellen Fenster. Normale Kameras überbelichten dann das Fenster komplett weiß.

TECHNIK	ERKLÄRUNG
HDR Fotografie (High Dynamic Range)	Die Kamera macht 3 bis 9 Fotos blitzschnell hintereinander (sehr hell bis sehr dunkel). Die Software rechnet diese zusammen: Das Fenster wird dunkel, der Raum hell. Perfekt belichtet. <i>Geht nur bei starren Objekten/Räumen ohne Bewegung!</i>
Isolierte Belichtung (Isolated Exposure)	Professionelle 360°-Kameras können jede der 6 Linsen unterschiedlich belichten. Linse A (zum Fenster) wird abgedunkelt, Linse B (zur dunklen Wand) wird aufgehellt.



Wo bist eigentlich du?

Du bist der Fotograf, also musst du dich verstecken! Stelle einen Timer ein (z.B. 10 Sekunden) und renne in den Nebenraum oder verstecke dich hinter einem dicken Baum. Alternativ: Nutze die WLAN-Vorschau auf dem Smartphone/Tablet aus sicherer Entfernung.

360 Grad ist nicht automatisch 3D! Wenn du dich bei YouTube oder Google Street View umsiehst, ist das meist "nur" flaches 360 Grad (Monoskopisch). Für die absolute Immersion in einer VR-Brille benötigen wir jedoch Stereoskopisches 3D.

👁️ MONOSKOPISCH (2D - FLACH)

- Alle Linsen der Kamera erzeugen **ein** einziges Panoramabild.
- Das linke und das rechte Auge in der VR-Brille sehen exakt dasselbe Bild.
- Es gibt keine echte räumliche Tiefe. Es wirkt, als stünde man in einer Tapeten-Kugel.
- **Vorteil:** Benötigt weniger Linsen, weniger Rechenleistung, Stitching-Fehler sind seltener. Perfekt für Webbrowser-Touren.

👁️ STEREOSKOPISCH (3D - ECHTE TIEFE)

- Die Kamera erzeugt **zwei getrennte** Panoramabilder (eins für das linke Auge, eins für das rechte Auge).
- Dafür benötigt die Kamera viele dicht aneinander liegende Linsen (die Augenabstände simulieren).
- Das Gehirn setzt beide Bilder zusammen und berechnet echte räumliche Tiefe. Du spürst instinktiv, ob ein Objekt 1 Meter oder 10 Meter entfernt ist.
- **Vorteil:** Absolute Immersion und magisches "Mittendrin"-Gefühl (Der "Wow-Effekt").

Over-Under Format

So wird 3D-360° oft gespeichert: Die Videodatei ist ein riesiges Quadrat (z.B. 8000×8000 Pixel). In der oberen Hälfte liegt das komplette Bild für das linke Auge, in der unteren Hälfte das Bild für das rechte Auge. Die Brille teilt das Video wieder auf.

Die "Comfort Zone"

3D-Tiefenwirkung funktioniert nur auf den ersten ca. 5 bis 10 Metern optimal. Alles, was weiter weg ist (Himmel, Berge), wirkt ohnehin flach. Platziere dein Hauptmotiv daher in der "Sweet Zone" von 1,5 bis 4 Metern Entfernung zur Kamera.

Der Auslöser der Kamera ist bei 360° nur die halbe Miete. Die meiste Arbeit passiert am Rechner. Der Workflow ist sehr speicher- und rechenintensiv (8K-Daten!).

1 Ingest (Datenübertragung)

Die Profi-Kamera hat oft 6 bis 9 SD-Karten (für jede Linse eine). Diese müssen über spezielle Lesegeräte synchron auf schnelle SSD-Festplatten des Rechners gezogen werden.

2 Optical Flow Stitching

Spezialsoftware (z.B. Insta360 Stitcher, Mistika VR) analysiert die 6 Videospuren. Ein Algorithmus berechnet den nahtlosen Übergang Frame für Frame und exportiert eine riesige Äquirektangulare Videodatei (z.B. in ProRes oder H265).

3 Nadir Patching (Stativ entfernen)

In Adobe Premiere oder After Effects wird ein Plugin (z.B. VR Projection) auf das Video gelegt. Der Boden wird selektiert und das Stativ durch einen "Blur", einen Klon-Stempel oder ein Kunden-Logo ersetzt.

4 Color Grading & Spatial Audio

Farbanpassungen wie bei normalen Videos. Ist 3D-Audio (Ambisonics) vorhanden, wird dieses an die Videospur gekoppelt, sodass sich der Ton später in der VR-Brille mit dem Kopf des Nutzers mitdreht!

5 Metadaten Injektion

Essenziell: Bevor die MP4-Datei zu YouTube oder Facebook geladen wird, müssen ihr "Sphärische Metadaten" injiziert werden (mit einem kleinen Tool). Sonst erkennt YouTube nicht, dass es ein 360-Grad-Video ist, und zeigt es nur als breites, verzerrtes flaches Bild an.

