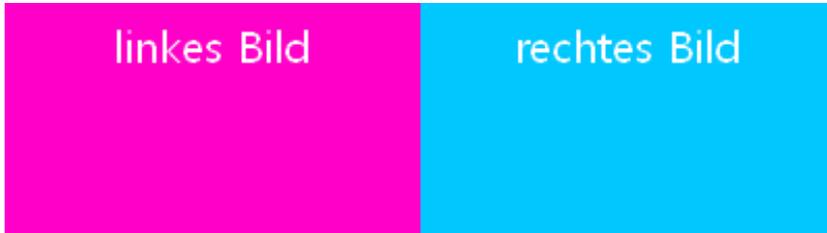


3D Quellen (Fotos und Videos) bestehen aus 2 Teilbildern, von denen eines für das linke Auge und das andere für das rechte Auge bestimmt ist. Wenn das linke Auge nur das linke Teilbild und das rechte Auge nur das rechte Teilbild sieht, macht unser Gehirn daraus wieder ein räumliches Bild.

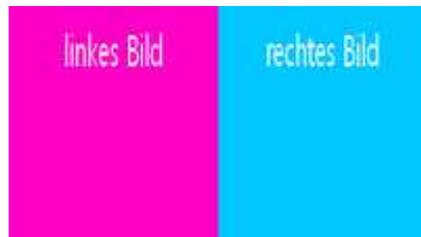
Beide Teilbilder haben dasselbe Format, z. B. bei HD 1920 x 1080 Pixel². Zur **Speicherung** haben sich mehrere Formate eingebürgert:

1. Side by side (nebeneinander, volles Format)



Das Gesamtformat enthält hier bei HD 3840 x 1080 Pixel². Dieses verlustfreie Format bietet sich besonders zur Betrachtung auf dem Smartphone, mit einer VR-Brille, einer Shutter-Brille oder für Projektion an. Fernseher mit Polarisationsverfahren können dieses Format meist nicht verarbeiten.

2. Side by side (nebeneinander, halbes Format)



Das Gesamtformat enthält hier bei HD 1920 x 1080 Pixel². 50% der Bildinformation gehen also bereits bei der Speicherung verloren. Bei Fernsehern mit Polarisationsverfahren gehen davon noch einmal 50% verloren, weil der Fernseher von jedem Teilbild nur jede zweite Bildschirmzeile darstellt. Ein Vorteil des Formats ist, dass es einem normalen (2D)-Format gleicht und die weitere Verarbeitung mit gängiger Standard-Software möglich ist.

3. Top - Down (übereinander, volles Format)



Das Gesamtformat enthält hier bei HD 1920 x 2160 Pixel². Dieses verlustfreie Format bietet sich besonders zur Betrachtung mit einer Shutter-Brille oder für Projektion an.

4. Top - Down (übereinander, halbes Format)



Das Gesamtformat enthält hier bei HD 1920 x 1080 Pixel². 50% der Bildinformation gehen also bereits bei der Speicherung verloren.

Dieses Format bietet sich besonders zur Betrachtung an einem 3D-Fernseher im Polarisationsverfahren an, denn damit wird der volle gespeicherte Informationsumfang auch dargestellt. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Format einem normalen (2D)-Format gleicht und die weitere Verarbeitung mit gängiger Standard-Software möglich ist.

5. Farbtrennung



Das linke und rechte Teilbild werden durch komplementäre Farbfilter gefiltert (häufig: rot/cyan, auch: rot/grün, gelb/blau u.a.m.). Beide Teilbilder werden in einem "Kompositionsbild" gespeichert. Das Gesamtformat enthält hier bei HD 1920 x 1080 Pixel². Dieses Format eignet sich zur Betrachtung durch eine entsprechend eingefärbte Brille, wobei das Kompositionsbild ausgedruckt, am Bildschirm (auch Fernseh Bildschirm) dargestellt oder auf eine Leinwand projiziert sein kann.

Nachteil des Verfahrens ist der Farbverlust, denn durch die Farb-Filterung beider Teilbilder geht der natürliche Farbeindruck fast vollständig verloren. Durch die Speicherung zweier Bilder in einem gehen auch 50% der sonstigen (Detail-) Bildinformationen verloren.

Vorteil: Die Zweifarben-Brillen sind sehr billig (ab ca. 1 €), rot/cyan-Quellen (Fotos und Videos) sind recht weit verbreitet (Zeitschriften, Drucke, YouTube,...), und es ist sonst keine spezielle Hardware erforderlich. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Format einem normalen (2D)-Format gleicht und die weitere Verarbeitung mit gängiger Standard-Software möglich ist.

Bei der **Betrachtung** muss man dafür sorgen, dass das linke Auge nur das Bild sieht, das für das linke Auge bestimmt ist, und ebenso das rechte Auge nur das Bild sieht, das für das rechte Auge bestimmt ist. Nur dann kann das Gehirn aus beiden Teilbildern wieder ein räumliches Bild erzeugen.

1. 3D-Fernseher mit Shutterbrille

Der Fernseher zeigt in hoher Frequenz (120 Hz) abwechselnd ein Bild für das linke und das rechte Auge. Synchron dazu gibt die Shutterbrille durch Aufhellen und Verdunkeln der Brillengläser abwechselnd für das linke Auge und das rechte Auge den Blick frei bzw. versperrt ihn.

Nachteil: Die Brille ist vergleichsweise teuer und schwer (enthält Batterie, Elektronik), der Helligkeitsverlust beträgt ca. 90%.

2. 3D-Fernseher im Polarisationsverfahren

Die ungeraden Zeilen (1,3,5,...) des Fernsehbildes zeigen Zeilen des linken Bildes an, die geraden Zeilen (2,4,6,...) des Fernsehbildes zeigen Zeilen des rechten Bildes an. Die ungeraden Zeilen sind links polarisiert, die geraden Zeilen rechts polarisiert. Der Betrachter benutzt eine Polarisationsbrille, die das Licht der linken Zeilen nur an das linke Auge durchlässt, und das Licht der rechten Zeilen nur an das rechte Auge.

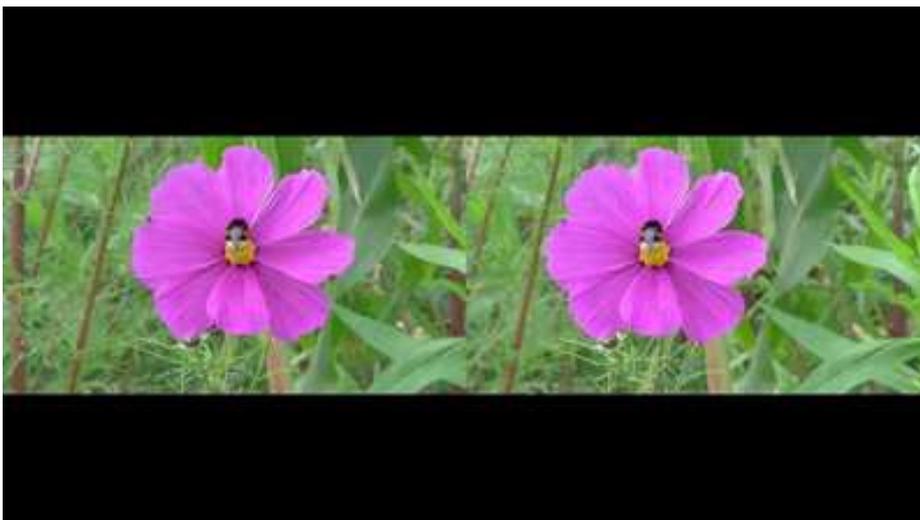
Nachteil: Die Zeilen-Auflösung beider Teilbilder beträgt (bei HD) nicht mehr 1080 sondern nur noch 540, der Helligkeitsverlust durch die Polbrille beträgt ca. 50%.

3. Betrachtung auf dem Smartphone mit VR-Brille oder aktive VR-Brille.

Aktive VR-Brillen zeigen jedem Auge ein separates Bild über einen eingebauten Bildschirm. Bei VR-Brillen mit Smartphone werden stattdessen die Bilder für das linke und rechte Auge nebeneinander auf dem Smartphone-Display dargestellt.

Durch die Linsen in der VR-Brille wird das Bild vergrößert, so dass bei gering auflösenden Displays Pixel zu sehen sind. Deshalb eignen sich hochauflösende Displays besser zur Darstellung. Der 3D-Effekt stellt sich aber auch schon auf einem 5" Display mit 1280 x 720 Pixel² ein - nur wird der Bildeindruck durch die deutlich sichtbaren Pixel beeinträchtigt.

Statt das Smartphone in eine VR-Brille einzusetzen, kann man das Display auch mit einer starken Lesebrille (z. B. +4 Dioptrien) betrachten. Der 3D-Effekt stellt sich auch so ein.



Darstellung eines HD-Videos Side-by-Side auf dem Smartphone-Display eines Galaxy J5 (66 x 115 mm²)

Tipp: Smartphones mit sehr großem Display (Längsseite >> 15 cm) eignen sich weniger gut, weil sie die Teilbilder u. U. weiter voneinander entfernt darstellen als der menschliche Augenabstand beträgt (ca. 7-7,5 cm). Unsere Augen können zwar die Sehachsen zum Sehen im Nahbereich zusammenführen - aber nicht auseinander (-> Schielen). Außerdem passen so große Smartphones kaum in gängige VR-Brillen.

Aus gegenteiligem Grund sind sehr kleine Displays (Längsseite << 10 cm) weniger gut geeignet. Unsere Augen können zwar die Sehachsen zum Sehen im Nahbereich zusammenführen - aber das hat Grenzen.

Smartphone	Display	Display	Display B	Display H	Video B	Video H	Auflös.	Rahmen
					1920	1080	Original	
Galaxy J5	5,2" 16:9	66 x 115 mm ²	1280	720	640	360	11%	71 x 146 mm ²
Galaxy J7	5,3" 16:9	70 x 122 mm ²	1920	1080	960	540	25%	75 x 152 mm ²
Galaxy S8	5,8" 18,5:9	66 x 132 mm ²	2960	1440	1480	833	59%	68 x 149 mm ²
Huawei P20 Lite	5,84" 19:9	66 x 134 mm ²	2280	1080	1140	641	35%	71 x 149 mm ²
Huawei P20 Pro	6,1" 19:9	69 x 140 mm ²	2280	1080	1140	641	35%	74 x 155 mm ²

Tabelle: Pixelformat je Teilbild bei HD-Originalformat auf Smartphone-Displays (Angaben ohne Gewähr).



Typische VR-Brille zum Einsetzen eines Smartphones. Nutzbare Displayfläche ca. 135 x 65 mm². Maximalmaße des Smartphones (Rahmen) ca. 150 x 80 mm².

Tipp: Wenn eine 3D-Quelle in HD-Format (16:9) und in einem klassischen Format (4:3 oder 3:2) zur Auswahl steht, dann ist für Smartphone-Wiedergabe meist das klassische Format vorzuziehen, weil die genutzte Displayfläche größer wird und die schwarzen Streifen auf dem Handy-Display schmäler werden.

4. Projektion im Polarisationsverfahren

Die beiden Teilbilder einer 3D-Quelle werden durch einen geeigneten 3D-Projektor (Doppelprojektor oder 2 Projektoren) polarisiert auf eine metallisierte Leinwand projiziert und mit einer Polarisationsbrille betrachtet. Dieses Verfahren eignet sich auch für analoge Quellen (2 Diapositive in zwei Diaprojektoren mit Polfiltern). Durch die metallisierte Oberfläche der Leinwand bleibt die Polarisation des Lichts erhalten (im Gegensatz zu normalen, weißen Leinwänden). Die Polarisationsbrillen sind übrigens dieselben, die auch bei der Betrachtung auf dem Fernseher mit Polarisationsverfahren verwendet werden.

Vorteil: Riesengroße Projektion (fast) wie im 3D Kino möglich; sehr eindrucksvolle Raumwirkung.

Weitere Quellen für **3D Informationen und Hardware**

<https://3d-brillen.de/> Brillen und Informationen

<http://www.3d-foto-shop.de/> Brillen und Hardware

Aktuell gibt es keine 3D Kameras auf dem Markt. Gebraucht (zu teils immensen Preisen) werden gelegentlich angeboten

Fuji 3D W1 (Fotos bis 10 Megapixel, Videos bis 720x480) (Doppelobjektiv 7,5 cm Augenabstand)

Fuji 3D W3 (Fotos bis 10 Megapixel, Videos bis 1280x720) (Doppelobjektiv 7,5 cm Augenabstand)

JVC Video Recorder Full HD (Doppelobjektiv ca. 4 cm Augenabstand)

Sony Video Recorder Full HD (Doppelobjektiv ca. 4 cm Augenabstand)

Panasonic Video Recorder Full HD mit 3D Vorsatz (ca. 4 cm Augenabstand)