

2017

2

DIGITAL
PRODUCTION

ISSN 1433-2620 > B 43362 >> 21. Jahrgang >>> www.digitalproduction.com

Published by ATEC

Deutschland

€ 17,70

Österreich

€ 19,-

Schweiz

sfr 23,-

DIGITAL PRODUCTION

MAGAZIN FÜR DIGITALE MEDIENPRODUKTION

MÄRZ | APRIL 02:2017



VR & AR

Wie nutzt man VR & AR
jenseits vom Hype?

Motion Graphics

Prozedurale Grafiken,
Audio-Cues & neue Tools

Tools & Tricks!

Avid MC, Lightworks,
Houdini, Blender & mehr



02 >

VFX-Formelsammlung

Während meiner Arbeit als VFX-Supervisor am Set habe ich mir viele Formeln zusammengestellt, um fehlende Größen aus anderen zu berechnen. Oft landeten diese nach Anwendung im Mülleimer und ich musste sie mir beim nächsten Mal wieder herleiten. Aber gesammelt ist dies eine Formelsammlung zur Berechnung von Green-/Bluescreen-Dimensionen, Objektgrößen und -entfernungen, Neigungswinkel und Höhe der Kamera und vieles mehr. Um die Arbeit mit den Formeln zu erleichtern, gibt es dazu eine Excel-Tabelle als schnelle Berechnungshilfe. von Prof. Sacha Bertram

Beim VFX-Dreh werden in der Regel viele Messdaten vom Set-Supervisor oder automatisch von der Kamera in den Metadaten erfasst, um die Arbeit der Artists in der Post zu erleichtern, oder man muss vor dem Dreh die Dimensionen eines Green- oder Bluescreens für eine bestimmte Entfernung abschätzen.

Schließlich genießt nicht jede Produktion den Luxus, mit einem LIDAR-Scanner arbeiten zu können, und selbst dann fehlen manchmal bestimmte Werte. Spätestens wenn Stock Footage zum Einsatz kommt oder Aufnahmen für Shots gemacht werden, die nicht als VFX-Shots geplant waren, fehlen viele wichtige Daten.

Vielleicht konnten bestimmte Messwerte technisch nicht erfasst werden oder sie wurden aus anderen Gründen nicht dokumentiert. Entweder hatte man keine Zeit für die Messung, die Entfernung war zu groß für den Laser Entfernungsmesser oder man hat es schlichtweg vergessen, die Kamera wurde vorschnell abgebaut, bevor Messwerte

Angle of View (AOV) Öffnungswinkel



AOV(v)° FOV(v)

AOV(h)°

FOV(h)

Der Angle of View (AOV) ist eine Größe, die den **horizontalen** und **vertikalen** Öffnungswinkel eines Objektivs in Abhängigkeit von dessen Brennweite sowie der Größe des Bildsensors der Kamera angibt. Der Öffnungswinkel wird in Grad angegeben.

Aus dem AOV kann das Field of View (FOV) berechnet werden, d.h. die Fläche, die durch die beiden Winkel aufgespannt wird in ihrer horizontalen und vertikalen Dimension in Metern.

Berechnung des AOV:

Sind die Sensor-Abmessungen sowie die Brennweite des Objektivs bekannt, können der vertikale und horizontale Öffnungswinkel des Objektivs berechnet werden.

Der AOV ist die Grundlage für die meisten weiteren Berechnungen. Der vertikale und horizontale AOV spannen dreieckige Flächen auf, deren Basis Höhe und Breite des Field of View (FOV) bilden.

$$AOV_h = 2 \operatorname{atan}\left(\frac{\text{SensorBreite}}{2 \text{Brennweite}}\right)$$

$$AOV_v = 2 \operatorname{atan}\left(\frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}\right)$$

erfasst werden konnten oder man hat sich auf die Metadaten der Kamera verlassen und diese fehlen bzw. waren fehlerhaft und so weiter. Ich glaube jeder, der am Set für die VFX-Supervision verantwortlich war, hat so etwas schon erlebt. Jetzt arbeite ich mit Studenten, die beim Dreh von VFX auf ähnliche Probleme stoßen, dass manche Messwerte fehlen und aus dem aufgezeichneten Bild berechnet werden mussten. Und nachdem ich mehrfach gefragt wurde, ob man dieses oder jenes nicht mit einer Formel berechnen kann, habe ich beschlossen, die wichtigsten Formeln für perspektivische Berechnungen zusammenzustellen. Natürlich können fehlende Größen nicht aus dem Nichts berechnet werden; einige Werte müssen trotzdem gemessen oder aus den Metadaten ausgelesen werden. Keine Formel kann die Vermessung des Sets komplett ersetzen. Und

natürlich ist die Umrechnung von Objektdimensionen von Pixeln im Bild in Meter und Zentimeter im realen Motiv nur eine Annäherung, da zum Beispiel die Verzeichnung des Objektivs nicht in die Berechnung eingeht, doch in den meisten Fällen ist die Berechnung um ein Vielfaches genauer als eine reine Schätzung. Grundlage für die meisten Berechnungen ist der Öffnungswinkel des Objektivs im Zusammenspiel mit der effektiven Sensorgröße, in bestimmten Fällen auch der Auflösung. Hier ist es wichtig, zu wissen, wie die Kamera arbeitet und ob beim Dreh mit einer geringeren als der maximalen Auflösung der gesamte Bildsensor belichtet wird oder nur ein Teil des Sensors. Im letzten Fall ist die effektive Sensorgröße der Teil des Sensors, der belichtet wird. Falls nicht „Open Gate“ gedreht wurde und das Bild entsprechend des gewählten Bild-

seitenverhältnisses beschnitten wurde, kann in den meisten Fällen davon ausgegangen werden, dass die volle Breite des Sensors verwendet wurde, jedoch nicht die volle Höhe. Die effektive Sensorhöhe kann dann über das Bildseitenverhältnis berechnet werden. Für jeden Abschnitt der Formelsammlung gibt es eine Erklärung zur Formel. Den Download der Formel-Sammlung als Excel finden Sie unter bit.ly/vfx_formelsammlung > ei



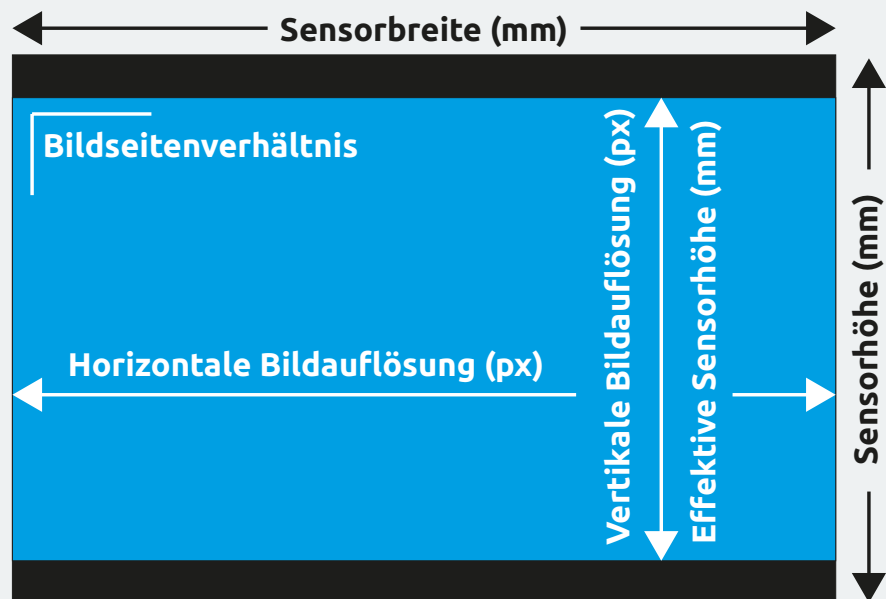
Sacha Bertram ist Professor für Visual Effects und Animation im Fachbereich Digital Film Design an der Mediadesign Hochschule für Design und Informatik in München. Davor war Sacha Bertram 15 Jahre im VFX-Bereich freiberuflich als VFX-Producer und VFX-Supervisor tätig und hat zahlreiche deutsche und internationale Produktionen als Set Supervisor betreut.

Berechnung der Sensorhöhe:

In die Berechnung des AOV gehen die Höhe und die Breite des Bildsensors der Kamera ein. Diese Größen können in den technischen Daten der Kamera nachgeschlagen werden.

Je nach Bildseitenverhältnis wird jedoch nicht immer die gesamte physikalische Höhe des Bildsensors der Kamera genutzt. In diesem Fall muss die Sensorhöhe anhand der vertikalen und horizontalen Auflösung des Bildes berechnet werden.

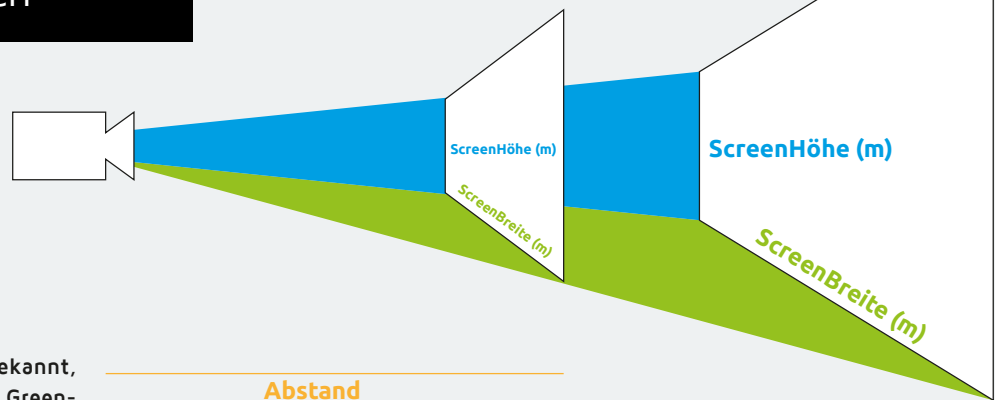
In Bezug auf die Breite des Sensors ist bei den meisten Kameras die in den technischen Daten angegebene Breite jedoch ein zuverlässiges Maß, da diese Größe unabhängig ist vom Bildseitenverhältnis und nur die tatsächlich genutzte Höhe des Sensors variiert.



$$\text{EffektiveSensorhöhe} = \frac{\text{SensorBreite} \cdot \text{VertikaleBildauflösung}}{\text{HorizontaleBildauflösung}}$$

Green-/Bluescreen

Größenberechnungen



Ist der AOV eines Objektivs bekannt, können die Dimensionen eines Green- oder Bluescreens in Abhängigkeit zum Abstand von der Kamera berechnet werden, die notwendig sind, um das Bild vollständig zu füllen.

Dieser Fall kommt zwar in der Praxis selten vor, doch kann damit auch die Entfernung der Kamera zu beliebigen Objekten berechnet werden, die zur bildfüllenden Abbildung notwendig ist. Oder allgemeiner: Mit diesen Formeln kann berechnet werden, wie groß der Bildausschnitt in der realen Szene in einer bestimmten Entfernung ist.

Dies entspricht dem FOV (Field of View).

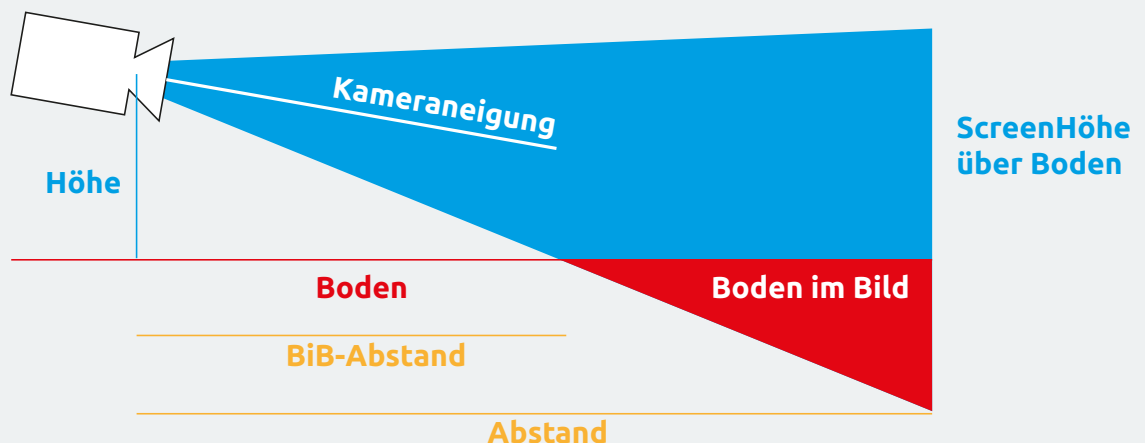
Anmerkung: Hier wird davon ausgegangen, dass der Boden eine ebene Fläche ist. Die Formeln eignen sich daher vor allem für den Einsatz im Studio mit einem ebenen Boden.

Berechnung der Screen-Größe:

In die Berechnung der Mindestgröße eines Screens gehen horizontaler und vertikaler AOV über Sensorabmessungen und Brennweite sowie der Abstand zur Kamera ein. Damit ist ein Screen berechenbar, der das Bild vollständig ausfüllt.

$$\text{ScreenBreite} = \text{ScreenAbst} \frac{\text{SensorBreite}}{\text{Brennweite}}$$

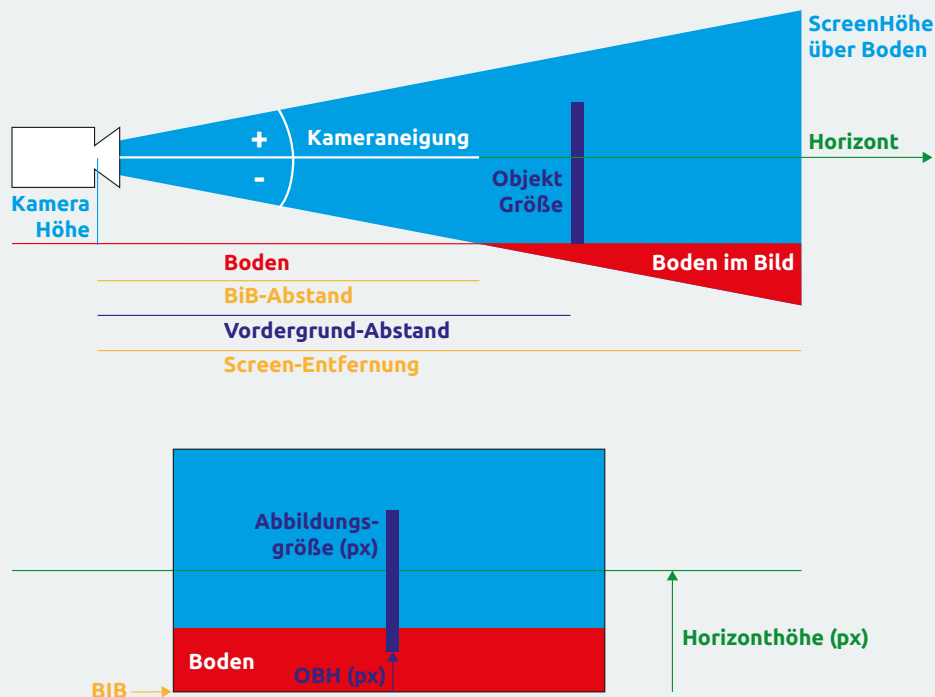
$$\text{ScreenHöhe} = \text{ScreenAbst} \frac{\text{SensorHöhe}}{\text{Brennweite}}$$



Berechnung der Screengröße mit Boden im Bild (BiB):

Ist vor dem Screen der Boden mit im Bild, so lässt sich die Screenhöhe über Boden (SHÜB), also vom Boden bis zur oberen Bildkante berechnen.

$$\text{SHÜB} = - \left(\text{ScreenAbst} - \frac{\text{KameraHöhe}}{\tan \left(\text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}} - \text{KameraNeigung} \right)} \right) \tan \left(\text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}} - \text{KameraNeigung} \right) + \text{ScreenAbst} \frac{\text{SensorHöhe}}{\text{Brennweite}}$$



Berechnung der BIB-Entfernung,

also der Entfernung zur Kamera, ab der der Boden am unteren Bildrand sichtbar wird, zum Beispiel um auch am Boden eine Green-/Bluescreendeckung herzustellen.

$$BIB = \frac{KameraHöhe}{\tan\left(\arctan\frac{SensorHöhe}{2Brennweite} - KameraNeigung\right)}$$

Berechnung der Green-/Bluescreenhöhe über Boden (SHÜB) in Abhängigkeit eines Vordergrundobjekts:

Die erforderliche Mindesthöhe eines Green-/Bluescreens hängt auch von der Größe eines Objekts im Vordergrund (z.B. eines Schauspielers), also vor dem Screen ab, von der Kamerahöhe und den Abständen zwischen Kamera und Vordergrund sowie von dem Abstand zwischen Kamera und Screen.

$$SHÜB = \frac{VordergrundHöhe - Kamerahöhe}{VordergrundAbst} \cdot ScreenAbst + Kamerahöhe$$

Auflösung der Formel nach Kamerahöhe zur Berechnung einer maximal möglichen Kamerahöhe bei gegebener Screenhöhe, Vordergrundhöhe sowie den Abständen:

$$Kamerahöhe = \frac{SHÜB \cdot VordergrundAbst - VordergrundHöhe \cdot ScreenAbst}{VordergrundAbst - ScreenAbst}$$

Auflösung der Formel nach Vordergrundabstand zur Berechnung des maximal möglichen Vordergrundabstands bei gegebener Screenhöhe, Vordergrundhöhe, Kamerahöhe sowie den Abständen:

$$VordergrundAbst = (VordergrundHöhe - Kamerahöhe) \cdot \frac{ScreenAbst}{SHÜB - Kamerahöhe}$$

Auflösung der Formel nach Screenabstand zur Berechnung des maximal möglichen Screenabstands bei gegebener Screenhöhe, Vordergrundhöhe, Kamerahöhe sowie Vordergrundabstand:

$$ScreenAbst = \frac{VordergrundAbst (SHÜB - Kamerahöhe)}{VordergrundHöhe - Kamerahöhe}$$

Auflösung der Formel nach Vordergrundhöhe zur Berechnung der maximal möglichen Vordergrundhöhe bei gegebener Screenhöhe, Kamerahöhe sowie den Abständen:

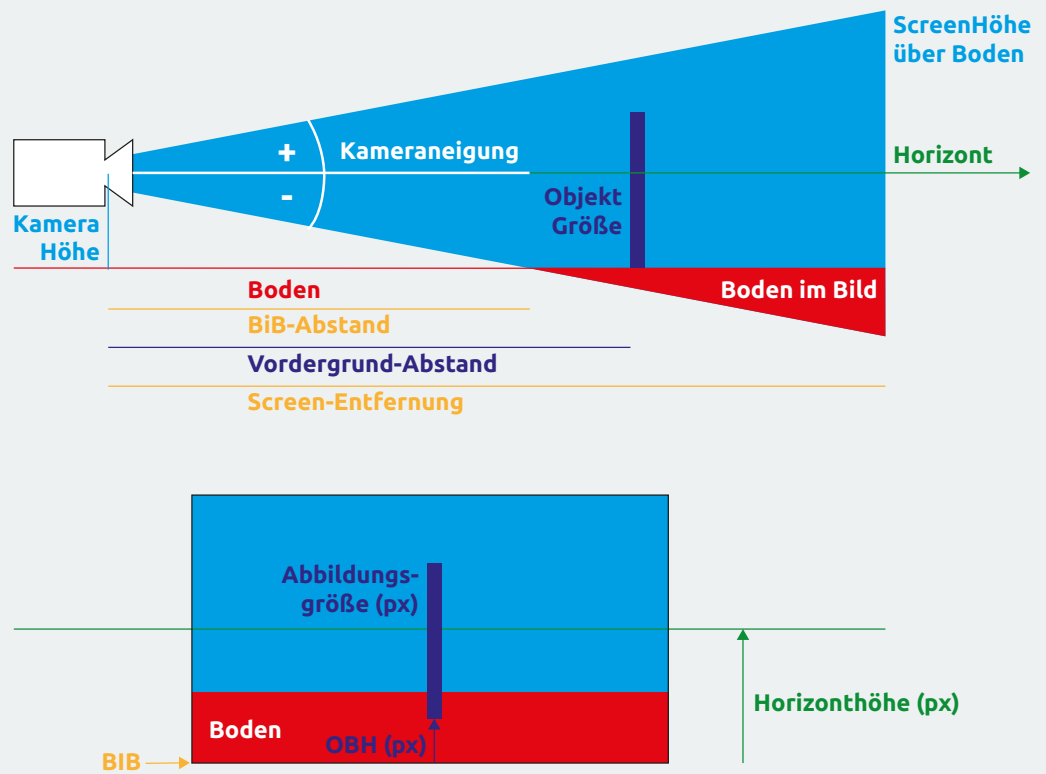
$$VordergrundHöhe = \frac{VordergrundAbst (SHÜB - Kamerahöhe) + ScreenAbst \cdot Kamerahöhe}{ScreenAbst}$$

Perspektive

Perspektivenberechnungen

Ist der AOV eines Objekts bekannt sowie weitere Messdaten zu Kameraposition, Objektgrößen oder Entfernungen beziehungsweise Abbildungsgrößen, so können daraus weitere unbekannte Werte berechnet werden.

Anmerkung: Hier wird davon ausgegangen, dass der Boden eine ebene Fläche ist. Die Formeln eignen sich daher vor allem für den Einsatz im Studio mit einem ebenen Boden.



Berechnung von Objektgrößen, deren Abbildungsgröße und Entfernungen:

Berechnung der BIB-Entfernung, also der Entfernung zur Kamera, ab der der Boden am unteren Bildrand sichtbar wird:

$$\text{BIB} = \frac{\text{KameraHöhe}}{\tan\left(\arctan\frac{\text{SensorHöhe}}{2\text{Brennweite}} - \text{KameraNeigung}\right)}$$

Aus einer bekannten Objektgröße in der Szene sowie der Brennweite und der bekannten Entfernung zur Kamera kann die Abbildungsgröße des Objekts in Pixeln berechnet werden:

$$\text{Abbildungsgröße} = \text{Objektgröße} \cdot \frac{\text{Brennweite}}{\text{Entfernung}}$$

Auflösung der Formel nach Entfernung zu einem Objekt in der Szene in Abhängigkeit von Objektgröße, Abbildungsgröße, Brennweite und Daten zum Sensor:

$$\text{Entfernung} = \frac{\text{Objektgröße} \cdot \text{HorizontaleBildauflösung}}{\text{Abbildungsgröße} \cdot \frac{\text{SensorBreite}}{\text{Brennweite}}}$$

Auflösung der Formel nach Objektgröße in Abhängigkeit von Entfernung, Abbildungsgröße, Brennweite und Daten zum Sensor:

$$\text{Objektgröße} = \frac{\text{Entfernung} \cdot \text{Abbildungsgröße} \cdot \frac{\text{SensorBreite}}{\text{Brennweite}}}{\text{HorizontaleBildauflösung}}$$

Berechnung der Objekt-Basis-Höhe:

Aus einer bekannten Entfernung zu einem Objekt in der Szene, Kamerahöhe und -neigung, Brennweite und Sensordaten kann die Objekt-Basis-Höhe im Bild in Pixeln berechnet werden. Die OBH gibt an, in welcher Höhe vom unteren Bildrand der Punkt, an dem ein Objekt auf einem ebenen Boden steht, im Bild abgebildet wird:

$$OBH = \frac{\text{VertikaleBildauflösung} \left(\text{atan} \frac{\text{Entfernung}}{\text{KameraHöhe}} - \text{KameraNeigung} + \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}} - 90 \right)}{2 \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}}$$

Auflösung der Formel nach Entfernung in Abhängigkeit von Kamerahöhe, -neigungswinkel, OBH, Brennweite und Daten zum Sensor:

$$\text{Entfernung} = \text{KameraHöhe} \tan \left(\frac{2 \text{OBH} \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}}{\text{VertikaleBildauflösung}} + \text{KameraNeigung} - \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}} + 90 \right)$$

Auflösung der Formel nach Kamerahöhe in Abhängigkeit von Entfernung, Kameraneigungswinkel, OBH, Brennweite und Daten zum Sensor:

$$\text{KameraHöhe} = \frac{\text{Entfernung}}{\tan \left(\frac{2 \text{OBH} \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}}{\text{VertikaleBildauflösung}} + \text{KameraNeigung} - \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}} + 90 \right)}$$

Auflösung der Formel nach Kameraneigung in Abhängigkeit von Entfernung, Kamerahöhe, OBH, Brennweite und Daten zum Sensor:

$$\text{KameraNeigung} = \frac{2 \text{OBH} \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}}{\text{VertikaleBildauflösung}} + \text{atan} \frac{\text{Entfernung}}{\text{KameraHöhe}} + \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}} - 90$$

Berechnung der Horizonthöhe:

Aus dem Neigungswinkel der Kamera, der Brennweite sowie den Sensordaten kann die Höhe des Horizonts im Bild in Pixeln vom unteren Bildrand berechnet werden, falls dieser im Bild nicht sichtbar ist:

$$\text{HorizontHöhe} = \frac{\text{VertikaleBildauflösung} \left(\text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}} - \text{KameraNeigung} \right)}{2 \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}}$$

Anmerkung: Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Formel die Erdkrümmung nicht in die Berechnung mit einbezieht, sondern die Horizonthöhe nur als Annäherung berechnet wird. Die Erde ist in diesem Fall eine ebene Fläche mit unendlicher Ausdehnung. Daher liefert die Formel bei Kamerahöhen über 10 Metern zunehmend ungenaue Ergebnisse.

Auflösung der Formel nach Kameraneigung in Abhängigkeit von einer im Bild gemessenen Horizonthöhe, bekannter Brennweite und Daten zum Sensor:

$$\text{KameraNeigung} = \frac{2 \text{HorizontHöhe} \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}}{\text{VertikaleBildauflösung}} + \text{atan} \frac{\text{SensorHöhe}}{2 \text{Brennweite}}$$