Technischer Anhang zum Artikel „Aufnahmeszene der NASA-Bilder von der Mondlandung von Apollo 11“

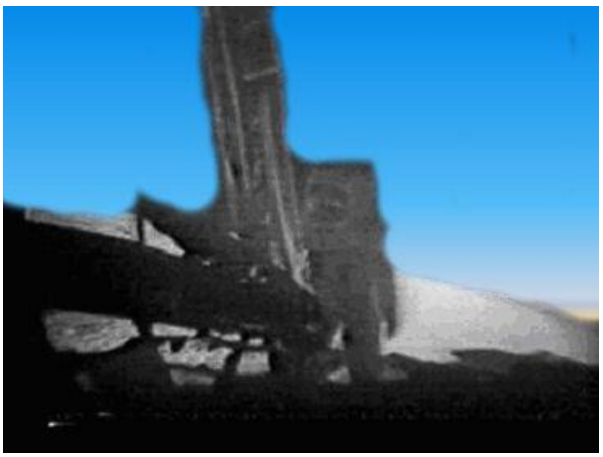
Inhalt:

1 Anlass und Einleitung 1
2 Untersuchung des Live-Videos: Szene mit Aldrin an der Leiter 1
3 Karten 8
4 Schief montierte Kamera 9
5 Argumente im Zusammenhang mit den Farbfotos 11
5.1 Berechnung des Sonneneinfallswinkels und der Schattenlänge des LM's 11
5.2 Vergleich mit photogrammetrischer Analyse von NASA 12
5.3 Wie gut ist die Kamera horizontiert; Horizontal- und Vertikalreferenzen 14
6 Ebenheit der Landeszene anhand eines weiteren Videos (mit der Flagge) 20

1 Anlass und Einleitung

Meine These, das Bild- und Fotomaterial sei in einem Studio gemacht worden, wurde inzwischen mehrfach diskutiert und hinterfragt. Dieser Anhang fasst die Einwände zusammen. Durch die Diskussion wurden zusätzliche Resultate erhalten und die Studiothese weiter bestätigt.
Die Beschreibung beginnt hier mit dem Live-Video, wo die Begrenzung durch das Studio am deutlichsten sichtbar ist.

2 Untersuchung des Live-Videos: Szene mit Aldrin an der Leiter



Das Hauptargument ist der nahe und tiefe Horizont. Dieser liegt so tief, dass man auf ihn und deshalb auch auf den dahinterliegenden Weltraum hinunterschaut. In Analogie zur Erde habe ich den Begriff „Zum Himmel hinunterschauen“ geprägt. Links ist ein Bild aus dem Live Video, wo der „Himmel“ blau eingefärbt ist, um zu zeigen, wie es aussähe, wenn der Mond eine Atmosphäre hätte.

Abbildung 1

Ein häufig gehörter Einwand ist, die Bilder seien möglicherweise schlecht horizontiert resp. verkippt. Deshalb könne man weder den Horizont noch eine Vertikale exakt einzeichnen.

Auch wenn hier nichts exakt ist, kann man doch mit einer gewissen Toleranz Horizont und Vertikale einzeichnen; und die Toleranz ist hier gut abschätzbar. Ich habe die Bilder und Szenen ausgewählt, wo man möglichst gute Anhaltspunkte für die vertikale Ausrichtung hat. Sehr gut scheinen mir dazu Filme geeignet, wo Astronauten „herumspazieren“.
Da hier nur Standbilder gezeigt werden können, empfiehlt es sich, die Videos direkt auf der NASA-Homepage zu betrachten [http://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/video11.html#Step, bei 109:42:28], um sich selbst von der guten Horizontierung zu überzeugen.
Ein allfälliger Horizontierfehler wird jeweils abgeschätzt, indem die Bilder nach links und rechts verkippt werden, so dass von Auge gut abgeschätzt werden kann, in welchem Bereich die wahre Horizontale und Vertikale liegen.

Zum Anfang folgt die Einstellung, wo der „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt am deutlichsten ist. Die folgenden zwei Bildserien stammen vom Live Video und zeigen Aldrin an der Leiter und dahinter Armstrong. Hier wurden Drehungen in 100mrad-Schritten gemacht, da sich nur Astronauten als Vertikalreferenz anbieten. In der ersten Serie ist Aldrin in Frontalaufnahme die gute Vertikalreferenz.

rechts: Original

unten:
nach links 100mrad
(5.7°) gedreht

ganz unten:
nach links 200 mrad
(11.5°) gedreht

unten:
nach rechts 100 mrad
(5.7°) gedreht

ganz unten:
nach rechts 200 mrad
(11.5°) gedreht

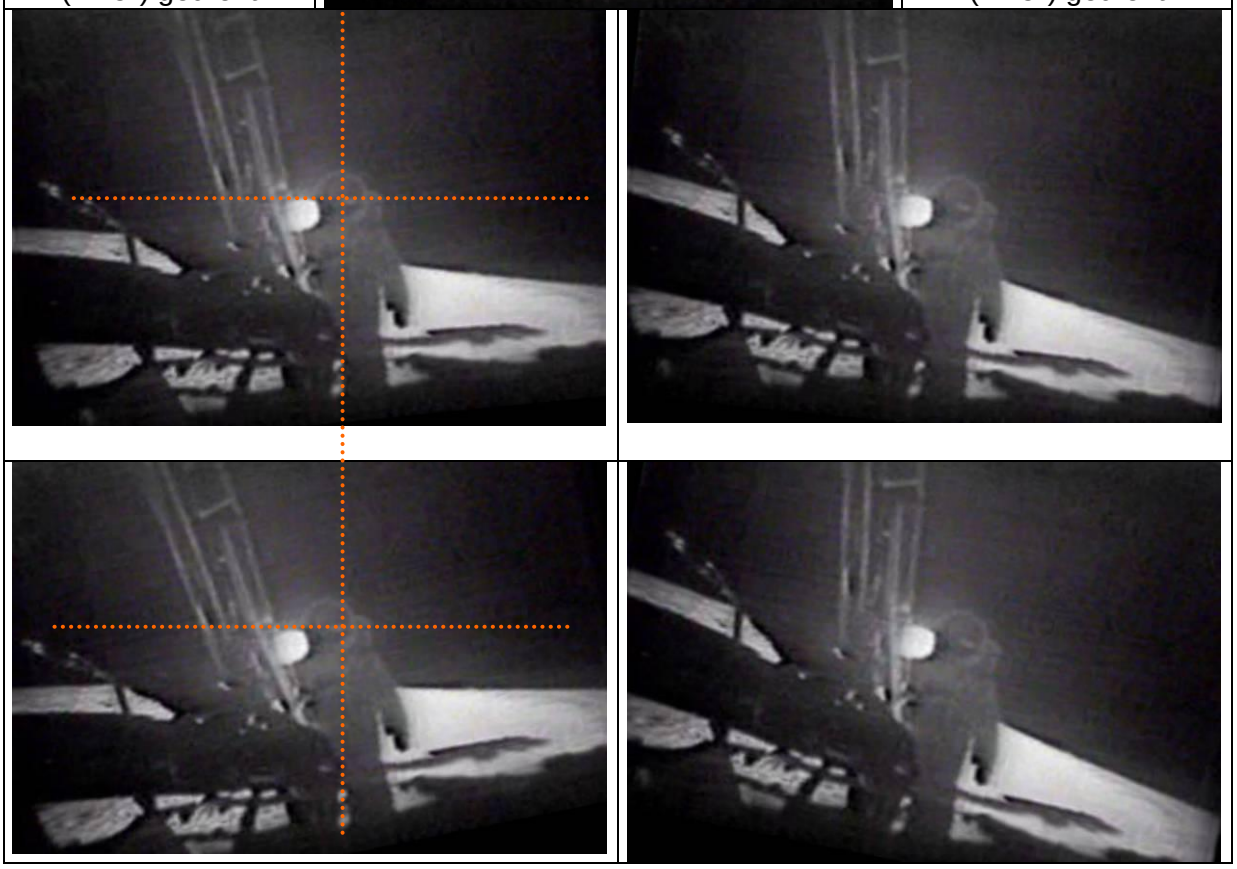


Abbildung 2

Beim Bild mit einer Linksdrehung von 100mrad ist Aldrin schon leicht schräg.

Armstrong in Frontalaufnahme (und in Bewegung) ist auf der folgenden Bildserie eine gute Vertikalreferenz. Die daraus abgeleitete vertikale Richtung scheint perfekt; sie ist nicht beeinflusst durch seine Körperhaltung, d.h. ob er ganz aufrecht oder nach vorne geneigt ist. Wenn man das Video anschaut, wird die gute Horizontierung der Kamera noch offensichtlicher.

rechts: Original unten: nach links 100mrad (5.7°) gedreht ganz unten: nach links 200 mrad (11.5°) gedreht		unten: nach rechts 100 mrad (5.7°) gedreht ganz unten: nach rechts 200 mrad (11.5°) gedreht

Abbildung 3

Schon beim Bild mit einer Drehung von 100mrad nach links ist Armstrong unrealistisch schief. Die Realität müsste also im Bereich ±100mrad liegen; meiner Meinung nach nahe dem Original.
Ich werde also das Original und das um 100mrad nach links gedrehte Bild weiterverfolgen. Denn beim 100mrad nach rechts gedrehten Bild ist der „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt noch offensichtlicher als beim Original, und die um 200mrad gedrehten Bilder fallen wegen der offensichtlich schiefen Astronauten ausser Betracht.

Zur besseren Analyse dieser Bilder wird nun die Position der Kamera betrachtet. Die Kamera ist auf der MESA (Modular Equipment Storage Assembly) montiert, wie das nebenstehende Trainingsbild zeigt.
Die Distanz zur Kamera ist geschätzt 2-3m. Ich werde im Folgenden mit 3 m rechnen. Die 3 m stimmen auch mit der Mondkarte gut überein, wonach der Abstand zwischen 2 Füssen des LM's 6 m beträgt. Die Kamera ist etwa in der Mitte.

von ap11-S69-31584

Abbildung 4 Leiter und Kamera

Die Höhe der Kamera kann man aus Abbildung 5 abschätzen: sie ist etwa auf Brusthöhe von Armstrong, also etwa auf 1.3m.
Die MESA ist hier mit Isolationsfolie eingepackt, und nur die Kameraöffnung ist sichtbar. Diese Folie kam dann beim Apollo 11 Flug zum Einsatz. Auch heute werden Satelliten mit solchen Folien (Multilayer Insulation) eingepackt.
Diese Konstellation ist repräsentativ für die Verhältnisse auf dem Mond, wie Abbildung 6 zeigt.

S69-31060b

Abbildung 5 Armstrong bei der MESA

Teil von AS11-40-5886

Abbildung 6 Armstrong bei der MESA

Ich hatte die Kamera bei den Videobildern etwa auf Kopfhöhe angenommen, also höher als auf den Trainingsbildern ersichtlich. Deshalb wird die Kamerahöhe im Folgenden nochmals genauer betrachtet.
Auf Abbildung 7, wo Aldrin sich leicht nach vorne neigt, sieht man von oben auf Helm und Tornister, und auf Abbildung 8, wo er aufrecht steht, gerade etwa auf die Oberkante des Tornisters. Als Kamerahöhe resultiert dann also etwa 1.80m, entsprechend der Körpergrösse von Aldrin resp. Armstrong.

Abbildung 7 Bild vom Live Video

Abbildung 8 Bild vom Live Video

Für eine genauere Analyse wird Abbildung 9 verwendet. Hinter Aldrin sind der Kopf von Armstrong sowie sein Schatten sichtbar (rechts durch Beschriftung eingefügt). Mit diesem Bild soll nun die Kameraposition nochmals genauer abgeschätzt werden:
Die Füsse von Armstrong sind senkrecht unterhalb seines Kopfes und in der Verlängerung seines Schattens, welcher mit einer blauen Linie eingezeichnet ist.
Es ist nicht ersichtlich, ob Armstrong ganz aufrecht ist. Falls nicht könnte sein Kopf in aufrechter Position etwas höher sein, also etwa auf der gleichen Höhe wie der von Aldrin. Dies stimmt mit der obigen Kamerhöhe überein: auf Aldrins Kopfhöhe.

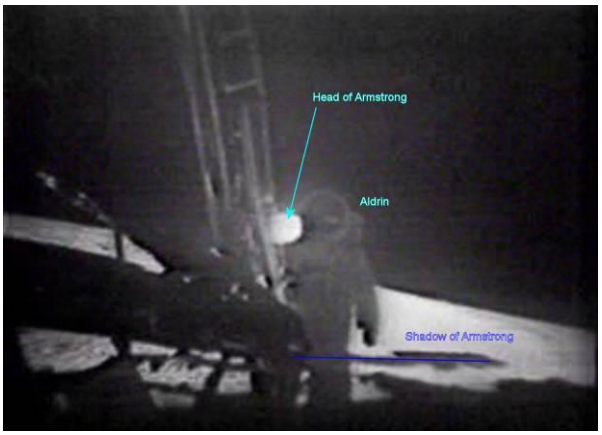


Abbildung 9 Bild vom Live Video

Falls beide Scheitel auf gleicher Höhe wären, lägen diese zusammen mit der Kamera auf einer horizontalen Geraden. Dies wird hier als obere Kamerahöhe angenommen.
Um auch eine mögliche tiefere Kamerahöhe abzuschätzen, nehmen wir deshalb an, Armstrong stehe auch ganz aufrecht (was zwar unwahrscheinlich ist). Da sein Kopf unterhalb des Kopfes von Armstrong zu sehen ist, müsste die Kamera dann tiefer liegen. Die Skizze in Abbildung 10 zeigt die Konstellation, und wie die Kamerahöhe mit dem Strahlensatz ermittelt werden kann. Auf der Skizze sind senkrechte gelben Balken eingezeichnet (Länge: vom Bildrand bis zum Schnittpunkt); 2.4 kurze Balken sind nötig, um die Kamerahöhe von oben zu erreichen, und 2.4 lange Balken, um sie von unten zu erreichen. Die Position der Füsse ist extrapoliert. Die Länge der Balken im Bild wurde relativ zur Körpergrösse ermittelt. Es sind nur die ganzen Balken eingezeichnet, die 40%-Balken muss man sich in der Mitte vorstellen. Die resultierende Kamerahöhe ist dann mit einer gelben gestrichelten Linie eingezeichnet und mit Horizon_low (Tiefer Horizont) beschriftet. Perspektivische Verzerrungen wurden vernachlässigt. Diese Methode liefert eine untere Grenze der Kamerahöhe, da Armstrong als ganz aufrecht angenommen wurde. Der resultierende tiefe Horizont liegt auf der Höhe von Aldrins Brust bei etwa 1.4m. Dies passt gut zur Höhe im Trainingsbild (1.3m).

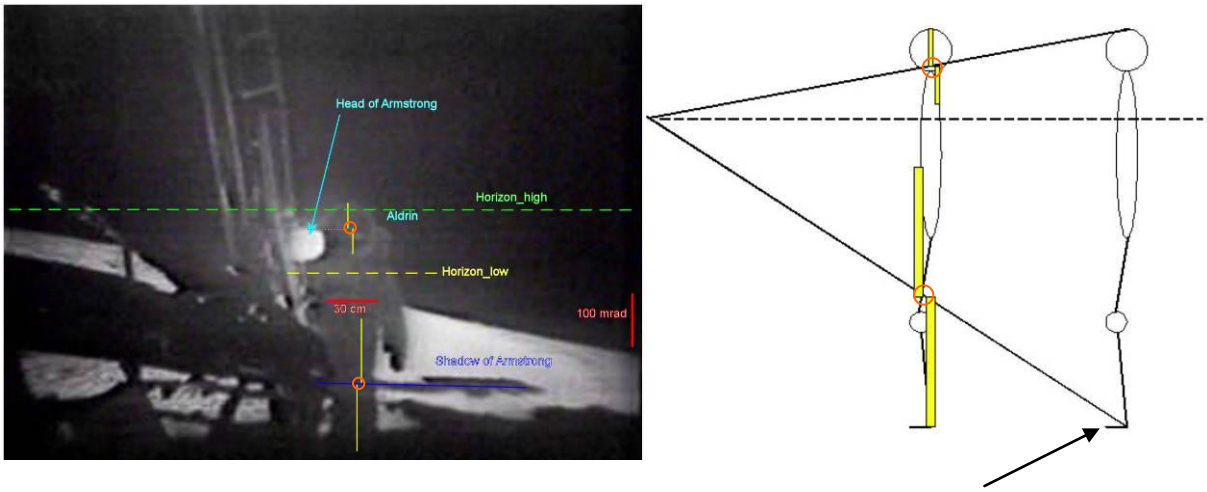


Abbildung 10 Bild vom Live Video und Skizze mit Annahme, Armstrong stehe aufrecht

Es gibt nun 2 Konstellationen für weitere Untersuchungen:
(1) Mathematischer Horizont[1] oder Kamerahöhe bei 1.8m (Kopf) oder
(2) bei 1.4m (Brust)
Die Horizontierung der Kamera ist wie früher angegeben gut. Der Einfluss einer 100mrad-Schieflage wird später noch untersucht.

Schauen wir uns also die beiden Konstellationen genauer an:
(1) Hoher Horizont (auf der Höhe von Aldrins Kopf, als ca. 1.8m)
Hier passt die Grenze der Plattform zu einem flachen Gebiet (Fussballfeld). Es würde auch passen, wenn die Begrenzungslinie und das Gebiet leicht geneigt wären. Das ganze sichtbare Landegebiet liegt unter dem mathematischen Horizont.
Beide Linien, die Grenzlinie und die Horizontlinie treffen sich im Fluchtpunkt.
Der „Zum Himmel hinunterschauen"-Effekt ist ausserordentlich gross.

(2) Tiefer Horizont (auf der Höhe von Aldrins Brust, also ca. 1.4m)
In diesem Fall ist der linke Teil des Terrains höher und der rechte Teil tiefer als der mathematische Horizont. Dies würde zu einem stark geneigten Terrain passen, was weder auf den Photos noch im Video beobachtet wurde, speziell nicht bei der Sequenz mit der Flagge (Abbildung 29 und Abbildung 30). Wichtiger ist jedoch, dass der „Zum Himmel hinunterschauen"-Effekt rechts immer noch deutlich ist.

Wie gross ist die Neigung der Visierlinie?
Da die Konstellation bekannt ist, kann das Bild skaliert werden: ein 1:10-Winkel (= 100mrad oder 5.7°) entspricht einer Länge von 30cm bei Aldrin, wenn man mit einer Distanz von 3m von der Kamera zu Aldrin rechnet (siehe oben). So ein 30cm-Massstab ist bei Aldrin als rote Linie eingezeichnet und ebenso als vertikale Linie, um die Neigung der Visierlinie zu demonstrieren. Die vertikale Linie ist mit „100 mrad" beschriftet und hat die gleiche Länge wie der 30cm-Massstab.
Für beide Fälle kann also eine 1:10 Neigung der Visierlinie zum Himmel oder grösser beobachtet werden. Dies wäre immer noch der Fall, sogar wenn die Kamera oder der mathematische Horizont auf 1.3m wären, also auf der Höhe der Kamera gemäss dem Trainingsbild (Abbildung 5).
Nimmt man den tiefen mathematischen Horizont von 1.3 m und zusätzlich eine Bild-Verkippung von 100 mrad an, so resultiert immer noch ein „Zum Himmel hinunterschauen"-Effekt von mehr als 50mrad.

[1] Mathematischer Horizont = Schnittlinie der Himmelskugel mit einer horizontalen Ebene durch den Beobachtungsstandort (hier: Kamerastandort)

Im Artikel sind übrigens auch 50mrad herausgekommen, und zwar als „Kamerahöhe : Distanz_zum_Horizont“ = 1.5m:30m.

Abbildung 11 Bild vom Live Video[2]

Abbildung 12 100mrad nach links gedreht

Es ist vielleicht erstaunlich, dass die resultierende Neigung der Visierlinie nun sogar grösser als 1:10 ist. Ein möglicher Grund ist die Marge, die bei den Photos verwendet wurde.
Meine subjektive Einschätzung des Horizontes ist der Fall (1), d.h. der hohe Horizont. Ich denke, ich liege aus einem der folgenden beiden Gründe richtig:

1. Die MESA und deshalb die Kamera beim „richtigen“ LM, d.h. dem, das für das Video verwendet wurde, sind höher verglichen zum Trainingsbild.
2. Für das Video wurde einfach eine andere Kameraposition verwendet, also eine oberhalb der nominellen Kameraposition.

Schlussfolgerung:
Nach dieser detaillierten Analyse der Videobilder mit Aldrin bei der Leiter liegt ein „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt vor, der für alle möglichen Kamerahöhen grösser als 1:10 ist. Dies zeigt deutlich, dass das Video in einem Studio gemacht worden sein muss.
Zur Erinnerung: ein „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt von 1:10 ist riesig. Er wäre nur von einer 8600m hohen Plattform aus möglich – mit keinen sichtbaren Erhebungen in der Umgebung von 170km. Dieses Resultat ist also klarer als das im Artikel, wo mit einer grossen Marge gerechnet wurde. Dort war das Resultat eine Neigung von 1.5:30, was zu einem 2100m hohen Berg ohne sichtbare Nachbarn in den nächsten 87km führte. Zu diesem Resultat kommt man hier etwa, wenn man das Bild zusätzlich noch um 100 mrad dreht. Eine allfällige Hangneigung ist bei dieser direkten Winkelmessung nicht mehr von Belange.

Da das Video live gesendet worden sei, gab es keine Möglichkeit für eine Nachbesserung. 1969 gab es noch keine Computer, die den Hintergrund während der Übertragung ausgeblendet hätten.

[2] Gemäss dem Kameramanual (http://history.nasa.gov/alsj/a11/a11TVManual.pdf) gibt es verschiedene Objektive zur TV-Kamera. Berechnet man anhand des 30cm Massstabes in Abbildung 11 die Bilddiagonale, so erhält man 13.8·100mrad = 79°. Dies stimmt sehr genau mit dem Weitwinkelobjektiv mit einer Bilddiagonalen von 80° überein. Das nächst kleinere, das „Lunar Day“ Objektiv, hat eine Diagonale von 35°. Das Weitwinkelobjektiv war für Innenaufnahmen und Szenen mit indirekter Sonnenbeleuchtung vorgesehen.

3 Karten

Um direkt ins Weltall hinunterschauen zu können, müsste das nachfolgende Terrain stark abfallen. Überprüft man dies anhand einer Karte, stellt man fest, dass im Gegenteil die Landschaft gegen Westen ansteigt (sogar auf der ganzen westlichen Seite, d.h. von Nord über West nach Süd) und zwar etwa 10 bis 20 m pro km. Da die Landung an einem Mondmorgen stattfand, zeigt der Schatten ungefähr Richtung West.
Gute Karten findet man unter http://www.lpi.usra.edu/resources/mapcatalog/LAC/. Den Landeort von Apollo 11 (0.67°N, 23.47°E) findet man auf der Karte "LAC-60 Julius Caesar". Die Äquidistanz zwischen den Höhenkurven ist 600m; die Höhenangaben sind in Meter.

Das folgende Bild zeigt die Situation um den Landeplatz:

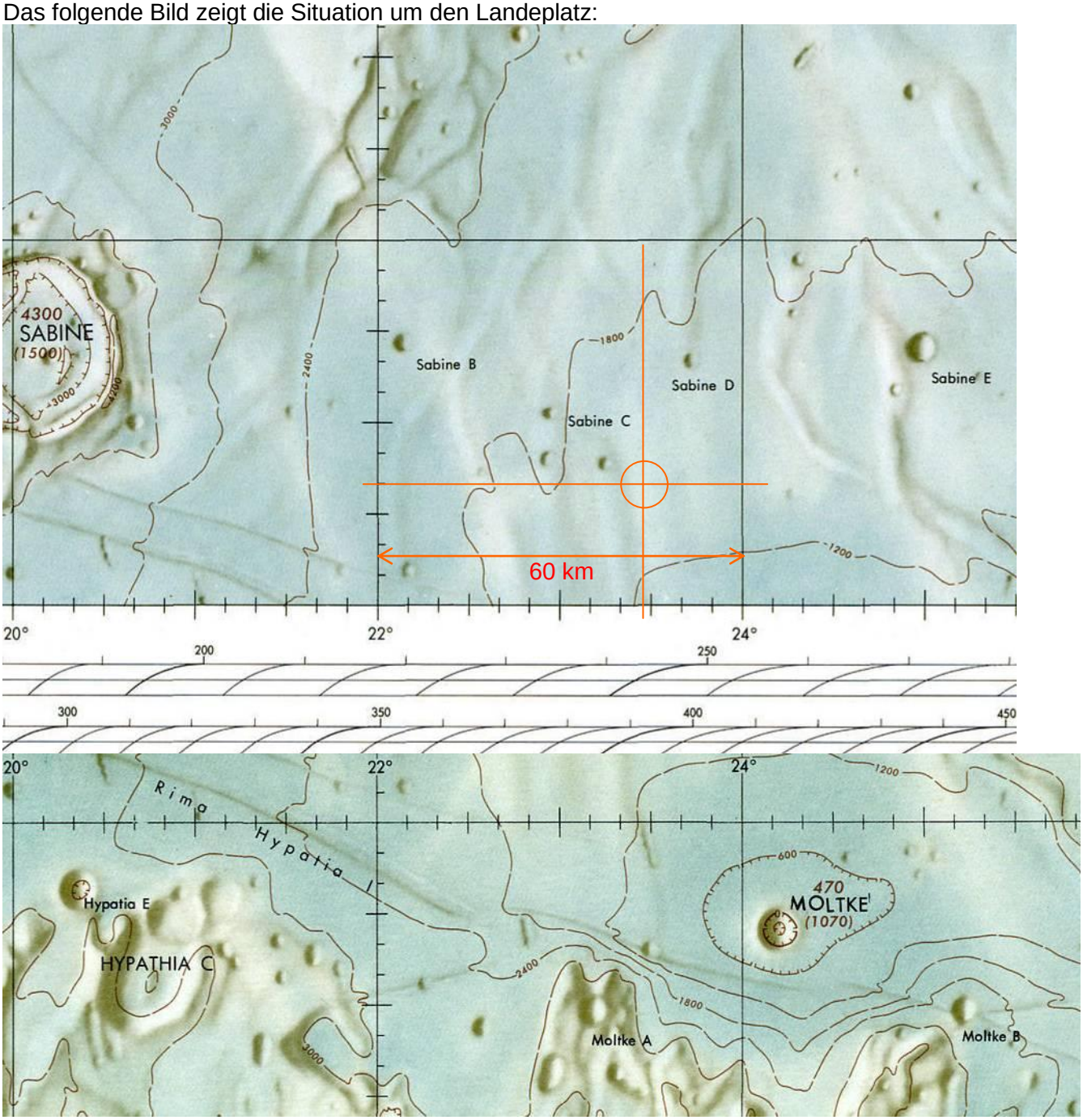
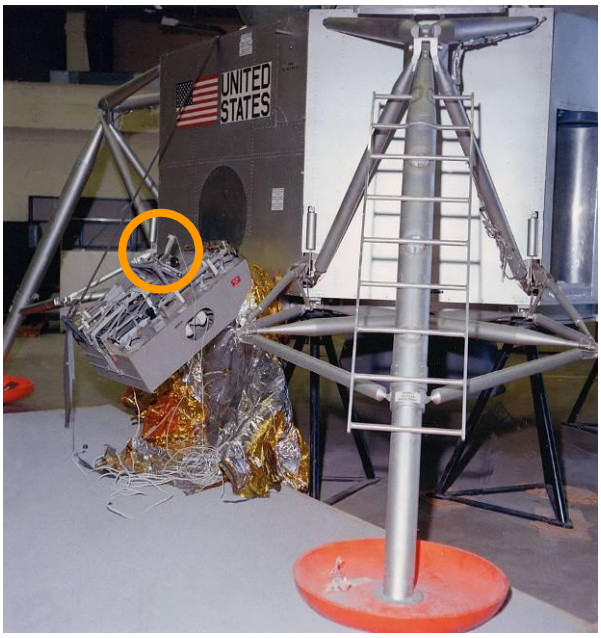


Abbildung 13 Umgebung des Apollo 11 Landeplatzes

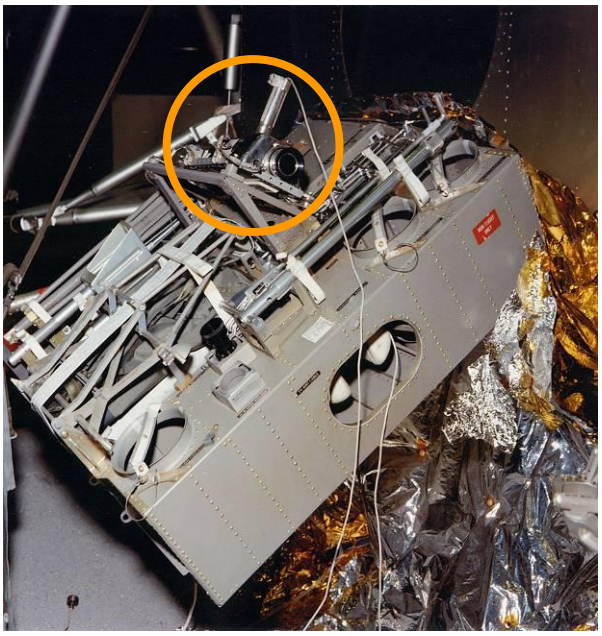
Um auszuschliessen, dass man „Zum Himmel hinunterschauen" kann, sind die obigen Karten mehr als genau genug.

4 Schief montierte Kamera

Im Zusammenhang mit der Kameraposition ist aufgefallen, dass die Kamera schief auf der MESA montiert ist, wie auf den folgenden beiden Bildern zu sehen ist:



ap11-S69-31585
Abbildung 14



ap11-S69-31584
http://history.nasa.gov/alsj/a11/ap11-S69-31584.jpg
Abbildung 15

Die Kamera ist gemäss Abbildung 15 um geschätzte 30° bis 45° schief.
Auf http://www.history.nasa.gov/alsj/a11/images11.html#Mag40 kann man lesen (auf Deutsch übersetzt) „*Die Kamera war auf der MESA kopfüber montiert ... Sie war schief montiert so dass der Fuss der Leiter gesehen werden konnte, wenn die MESA voll ausgefahren war*“.
Dies bedeutet, dass die Verkippung beabsichtigt war, um den maximalen Öffnungswinkel der Diagonalen bis zum Fusspunkt der Leiter auszunützen, und dass die Trainingsbilder deshalb repräsentativ sind.
NASA hatte die Möglichkeit, Bilder online zu invertieren, wie man unter http://history.nasa.gov/alsj/a11/a11.step.html nachlesen kann: „*Beide Trackingstationen hatten die Möglichkeit, die Bilder zu invertieren, so dass diese normal ausschauten. Dies wurde gemacht, indem ein Schalter von der ‚normal‘-Position – die gebraucht wurde, wenn die Kamera auf dem Stativ abseits vom LM war, also mit der richtigen Seite nach oben – zur ‚invertierten‘ Position – die gebraucht wurde, wenn die Kamera kopfüber auf der MESA montiert war.*“

Nichts ist jedoch erwähnt über eine Rotation eines Bildes. Bei einer Rotation eines 4:3 Fernsehbildes z.B. durch Filmen eines projizierten Bildes, würde ein grosser Teil des ursprünglichen Bildes verlorengehen, wie die Skizze rechts zeigt.
Beide Bilder, das ursprüngliche und das neue, haben das Seitenverhältnis 4:3. Das Bild zeigt jedoch das volle Gesichtsfeld des Weitwinkelobjektives.
Das ursprüngliche Bild ist 30° schief.

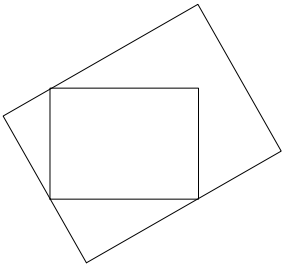


Abbildung 16

Da eine Bild-Aufrichtung aufgrund des Bildverlustes sehr unwahrscheinlich ist, hätte das Live-Video 1969 im Fernsehen auch entsprechend schief erscheinen müssen, wie die folgende Bildserie illustriert. Der Fuss der Leiter ist dabei in der linken unteren Ecke.
Ich drehte dazu die Abbildung 3 um 30° auf schwarzem Hintergrund.

Links: Blick aus der schräg montierten TV-Kamera
Mitte: Gleiches Bild (nur gedreht), wie es auf einem Fernseher hätte erscheinen sollen
Rechts: Offizielles Bild vom Live-Video
(Das linke und das mittlere Bild wurden aus dem Original rechts erstellt.)

Abbildung 17 Demonstration der (nicht) schiefen TV-Bilder

Dieser Widerspruch ist ein pikanter Nebeneffekt, aber nicht notwendig, um den „Zum Himmel hinunterschauen"-Effekt zu beweisen.

Das sogenannte Live-Video wurde also nicht von der offiziell beschriebenen Kameraposition aufgenommen. Weder die aus den Photos ermittelte Schiefe noch Kamerahöhe stimmen mit der offiziellen Dokumentation überein. Dieser Widerspruch ist zwar kein Beweis für Studiobilder, da ja einfach die Dokumentation falsch sein könnte. Die Kamera hätte ja vielleicht doch horizontal befestigt sein können. Doch an einem anderen Ort in der Dokumentation wird mit der Schräge der Kamera die Schräge des Horizontes erklärt:
Im „Apollo 11 Lunar Surface Journal" http://history.nasa.gov/alsj/a11/a11.step.html steht, „*der Mondhorizont sei etwa 11° gedreht weil die TV Kamera um den gleichen Betrag gekippt sei, wie man auf dem Bild S69-31585* (hier: Abbildung 14) *sehen könne*". Danach hätte also die schiefe Kamera den effektiv ebenen Horizont verkippt aufgenommen, was bei schiefer Kamera ja der Fall ist, jedoch „vergessen", den Astronauten mitzudrehen ...

5 Argumente im Zusammenhang mit den Farbfotos

In diesem Kapitel werden Ergänzungen zum Artikel gegeben, wo entweder nicht alles genau nachvollziehbar beschrieben ist oder wo zusätzliche Überlegungen gemacht wurden. Ausserdem wird wie beim Video die Horizontierung der Bilder abgeschätzt.

5.1 Berechnung des Sonneneinfallswinkels und der Schattenlänge des LM's

Die Ermittlung des Sonneneinfallswinkels ist im Artikel nicht ganz präzis beschrieben. Hier die genaue Vorgehensweise: Ich wählte das Bild mit dem Sonnensegel, wo ich den Einfluss der perspektivischen Verzerrungen gering einschätzte. Ich mass die Höhe des Sonnensegels und die Länge seines Schattens direkt auf dem Bild und berechnete den Sonneneinfallswinkel als arctan(Höhe/Schattenlänge)=21°. Damit berechnete ich die Länge des Schattens des LM's zu (Höhe des LM's)/tan(21°)=6.5m/tan(21°)=17m. Zu diesem Resultat addierte ich die Marge.

AS11-40-5872
Abbildung 18 Bild mit dem Sonnensegel

<u>Überprüfung des Sonneneinfallswinkels aufgrund der Ephemeriden:</u>
In der Zwischenzeit habe ich den Sonneneinfallswinkel aufgrund der Ephemeriden gemäss der folgenden Webseite überprüft http://www.mondlandung.pcdl.de/ (-> Mondphasen): Die Distanz zur Tag-Nacht-Grenze (=Sonneneinfallswinkel) war bei der Landung ca. 10° und beim Rückstart 25°. Die totale Zeit auf dem Mond war 22h. Für das Bild mit dem Sonnensegel, das etwa 7h nach der Landung aufgenommen wurde, resultiert dann ein Winkel von 10°+(25°-10°)*7h/22h =15° oder 1:3.7. Mit einem solchen Winkel[3] wird der Schatten des LM's 6.5m/tan(15°) = 24m oder 40% länger als bei meiner ursprünglichen Abschätzung.
Im Artikel habe ich die Neigung der Visierlinie als 1.5m:100m berechnet, d.h. die zusätzlichen 40% der Schattenlänge sind in dieser Rechnung mehr als abgedeckt.

Für das Bild rechts würde ich als Distanz zum Horizont jedoch eher mit 50m rechnen. Diese 50m setzen sich wie folgt zusammen:

Kamera zu LM:	10m (geschätzt[4])
LM zu Kante:	24m (Länge des Schattens)
Marge:	16m
<u>Kamera zu Kante:</u>	<u>50m</u>

AS11-40-5928
Abbildung 19

[3] 15° passt auch zur Angabe von NASA in http://www.hq.nasa.gov/alsj/alsj-sunangles.html:14.0°-15.4°
[4] Benutzt man den Abstand der Referenzkreuze von 10.3° (http://history.nasa.gov/alsj/alsj-reseau.html) und misst die Grösse des Astronauten (ca.1.8m) zu 1.14 mal den Kreuzabstand, so ergibt sich eine Kameradistanz von halbe_Körpergrösse:tan(1.14·10.3°/2) = 0.9m:tan(5.87°) = 8.8m, was gut mit den obigen geschätzten 10m übereinstimmt.

Die Berechnung wurde für flaches (horizontales) Gelände gemacht. Falls das Gelände zum Horizont hin ansteigen würde (der schlechtere Fall für den „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt), dann wäre der Schatten kürzer. Für diesen Fall ist also keine zusätzliche Marge nötig.

5.2 Vergleich mit photogrammetrischer Analyse von NASA

NASA hat die Bilder der Apollo 11 Landeszene photogrammetrisch untersucht [http://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/a11Photogrammetry.html] und eine Karte mit Kamera-Standort und -Blickrichtung erstellt [http://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/a11photomap.gif]:

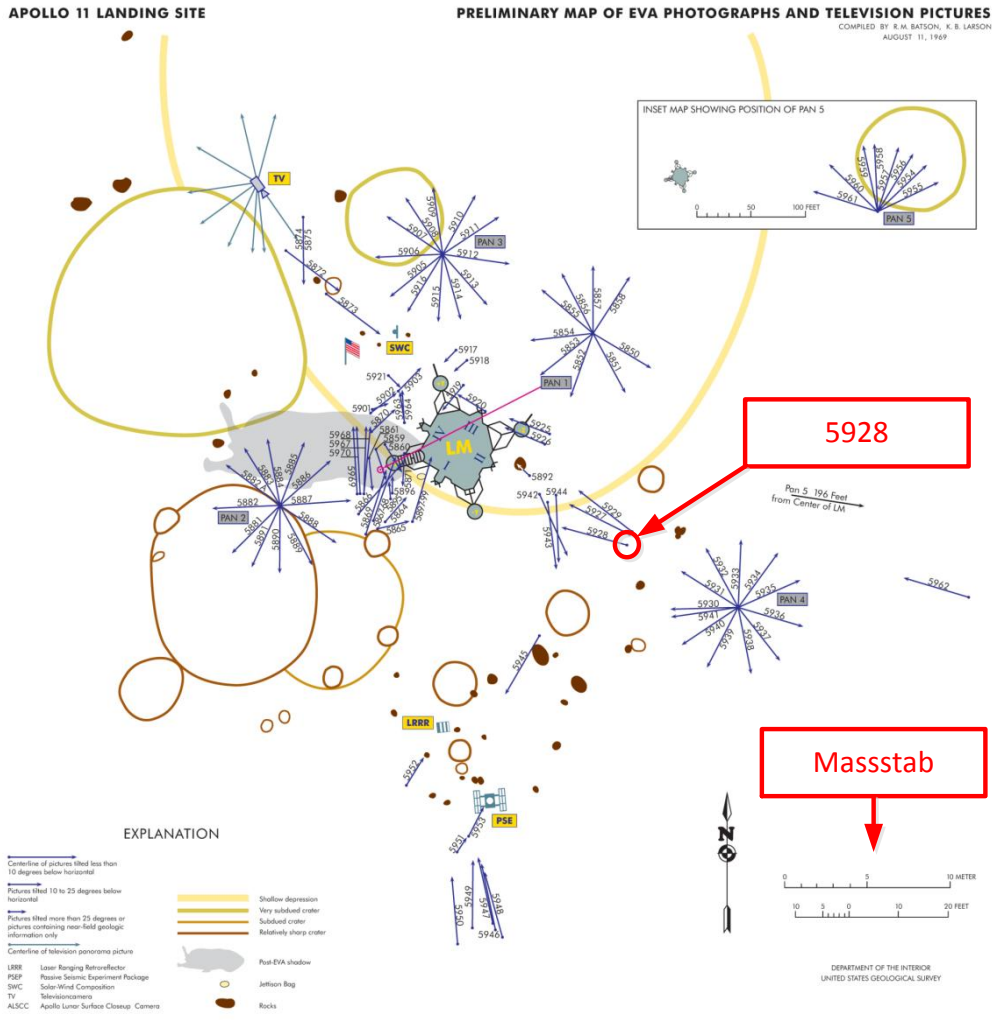


Abbildung 20 Karte mit Kamerapositionen und Aufnahmerichtungen

Ich habe den Aufnahmestandort für das Bild AS11-40-5928 rot markiert und unten rot den Massstab hervorgehoben.
NASA schreibt, dass die 3 Bilder 5927, 28 und 29 im Gegensatz zu dem, was diese vorläufige Karte zeige, alle vom gleichen Ort aufgenommen worden seien, also innerhalb eines Kreises von etwa 10cm Durchmesser. Für die folgende Überprüfung ist dies nicht von Belang.

Anhand obiger Karte können die bisher abgeschätzten Distanzen überprüft werden. Auf der Abbildung 21 sind diese rot eingezeichnet:

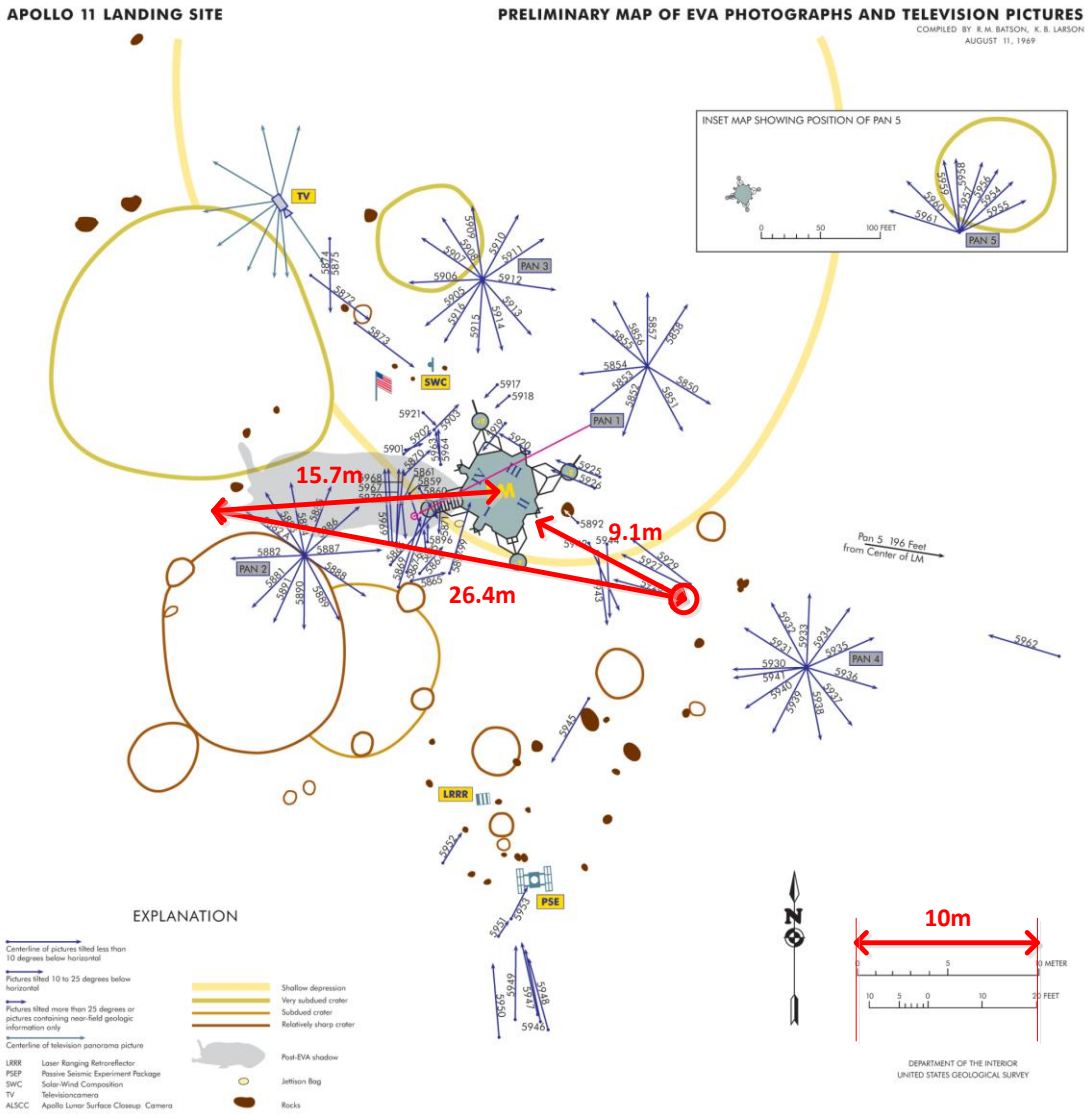


Abbildung 21 Relevante Distanzen zum Bild AS11-40-5928

Wie man sieht, stimmt die Distanz von der Kamera zu Aldrin gut mit meinem Resultat überein. Die Länge des Schattens und damit auch die Distanz von der Kamera zum Ende des Schattens sind hier jedoch deutlich kleiner.
Diese NASA Analyse bestätigt, dass die von mir präsentierten Zahlen wie beabsichtigt auf der vorsichtigen Seite liegen.

5.3 Wie gut ist die Kamera horizontiert; Horizontal- und Vertikalreferenzen

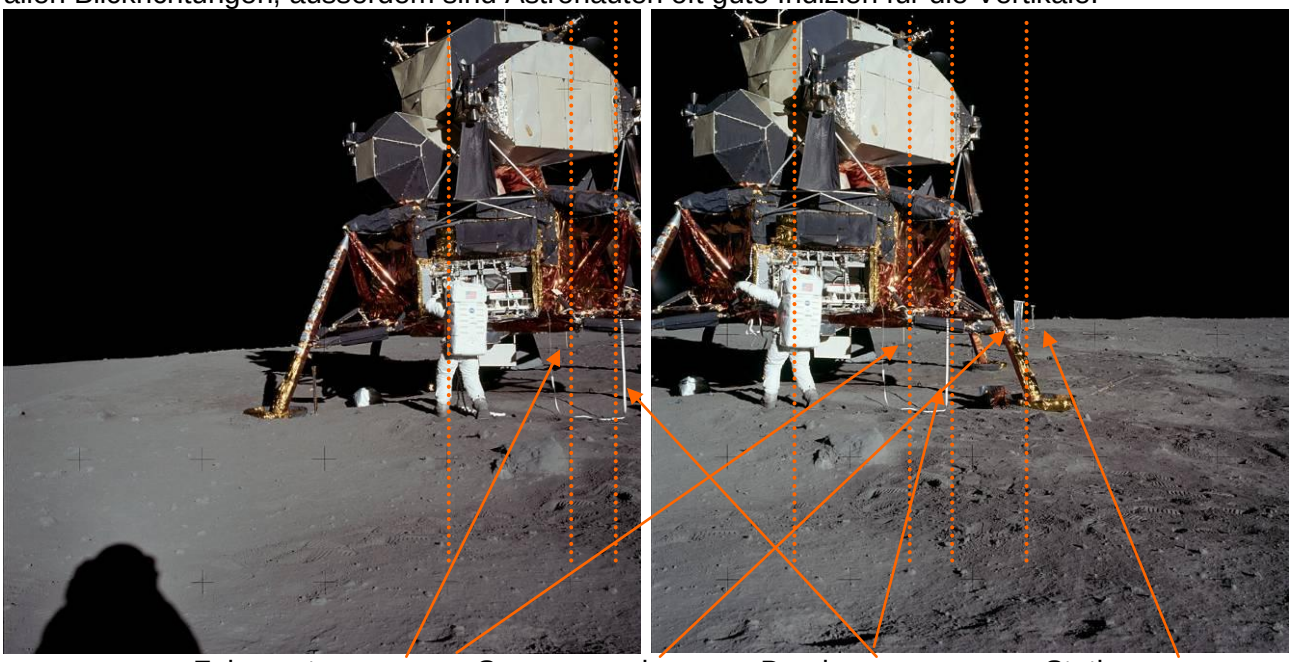
Unter einer gut horizontierter Kamera verstehe ich, dass sie nicht schief ist, d.h. dass der obere und der untere Bildrand horizontal sind. Die mittlere Kamerarichtung darf hingegen nach oben oder nach unten zeigen.
Dies trifft übrigens für die meisten Photos überhaupt zu.

Der „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt ist, wenn man die Bilder als gut horizontiert betrachtet, offensichtlich. Man müsste die Bilder also drehen, um aus ihnen mögliche (horizontierte) Mondbilder zu machen. Deshalb wurde oft der Einwand gemacht, die Bilder seien schlecht horizontiert und man könne deshalb auch keine Horizontale einzeichnen. Da dies ein zentraler Punkt bei der Beweisführung ist, wird hier nochmals detailliert darauf eingegangen. Dadurch soll gezeigt werden, dass auch die Farbphotos „mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit“ aus einem Studio stammen.

Die Kamera ist am Anzug befestigt. Deshalb kann man gut horizontierte Bilder erwarten.

ap11-S69-31109
Abbildung 22

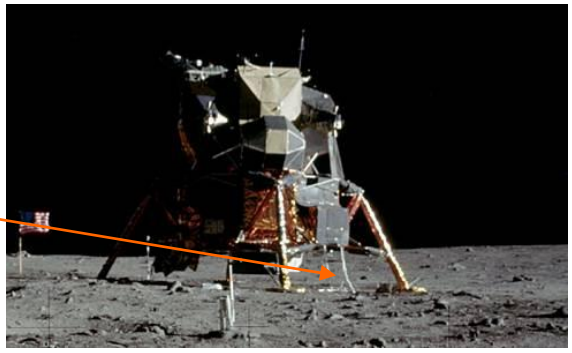
Es gibt auf den Photos diverse Referenzen, die bestätigen, dass die Kamera nicht oder höchstens wenig schief ist: Fahnenstange, Sonnensegel und Stativ erscheinen vertikal aus allen Blickrichtungen; ausserdem sind Astronauten oft gute Indizien für die Vertikale.



AS11-40-5928 und 5929
Abbildung 23

Man sieht auf obiger Abbildung anhand der punktierten Vertikalen, dass beide Bilder gut horizontiert sind. Insbesondere ist auch der im rechten Bild hinunterhängende Bändel hier ein sehr genaues Indiz für die Vertikale, da er als gerade Linie erscheint.

Von einer anderen Seite sieht man zwar, dass das Band nicht vertikal hinunterhängt und den Boden berührt. Aber hier hat es die Form einer Kettenlinie.



Teil von AS11-40-5948
Abbildung 24

Um zwischen „gut horizontiert“ und „schlecht horizontiert“ unterscheiden zu können, kann man Toleranzangaben angeben, zum Beispiel wie folgt:
Bei einem gut horizontierten Bild stimmt die Vertikale besser als ±50mrad. Wenn man auf ganz sicher gehen will, rechnet man mit ±100mrad.

Um zu demonstrieren, wie sich 50mrad (2.9°) oder 100 mrad (5.7°) Verkippung auswirken, ist dies in der folgenden Bildserie dargestellt. Diese Bildserie hat mit Bäumen und Kandelabern deutliche Referenzen.

50mrad Verkippung fallen nur bei guten Referenzen auf, d.h. bei Objekten mit einer langen vertikalen Basis. 100mrad Verkippung wirken bei stehenden Menschen schnell unwirklich.

rechts: Original mit senkrechten Bäumen und Kandelabern unten: nach links 50mrad (2.9°) gedreht ganz unten: nach links 100 mrad (5.7°) gedreht		unten: nach rechts 50 mrad (2.9°) gedreht ganz unten: nach rechts 100 mrad (5.7°) gedreht

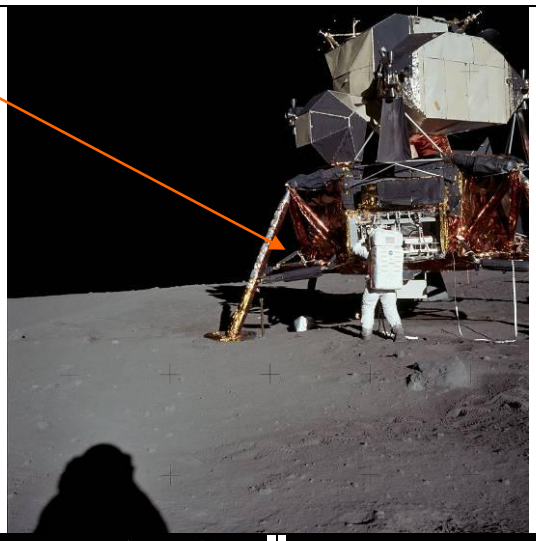
Abbildung 25

Nun wähle ich zum Vergleich das „suspekte“ Bild mit dem deutlichsten „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt (AS11-40-5928). Ich habe vertikale Linien eingezeichnet sowie einen möglichen Horizont (auf Kamerahöhe). Aufgrund des Bändels rechts scheint mir die exakte Horizontierung zwischen dem Original und dem um 50mrad nach rechts gedrehten Bild zu liegen.

rechts: Original,
hintere Verstrebung

unten:
nach links 50mrad
(2.9°) gedreht

ganz unten:
nach links 100 mrad
(5.7°) gedreht



unten:
nach rechts 50 mrad
(2.9°) gedreht

ganz unten:
nach rechts 100 mrad
(5.7°) gedreht

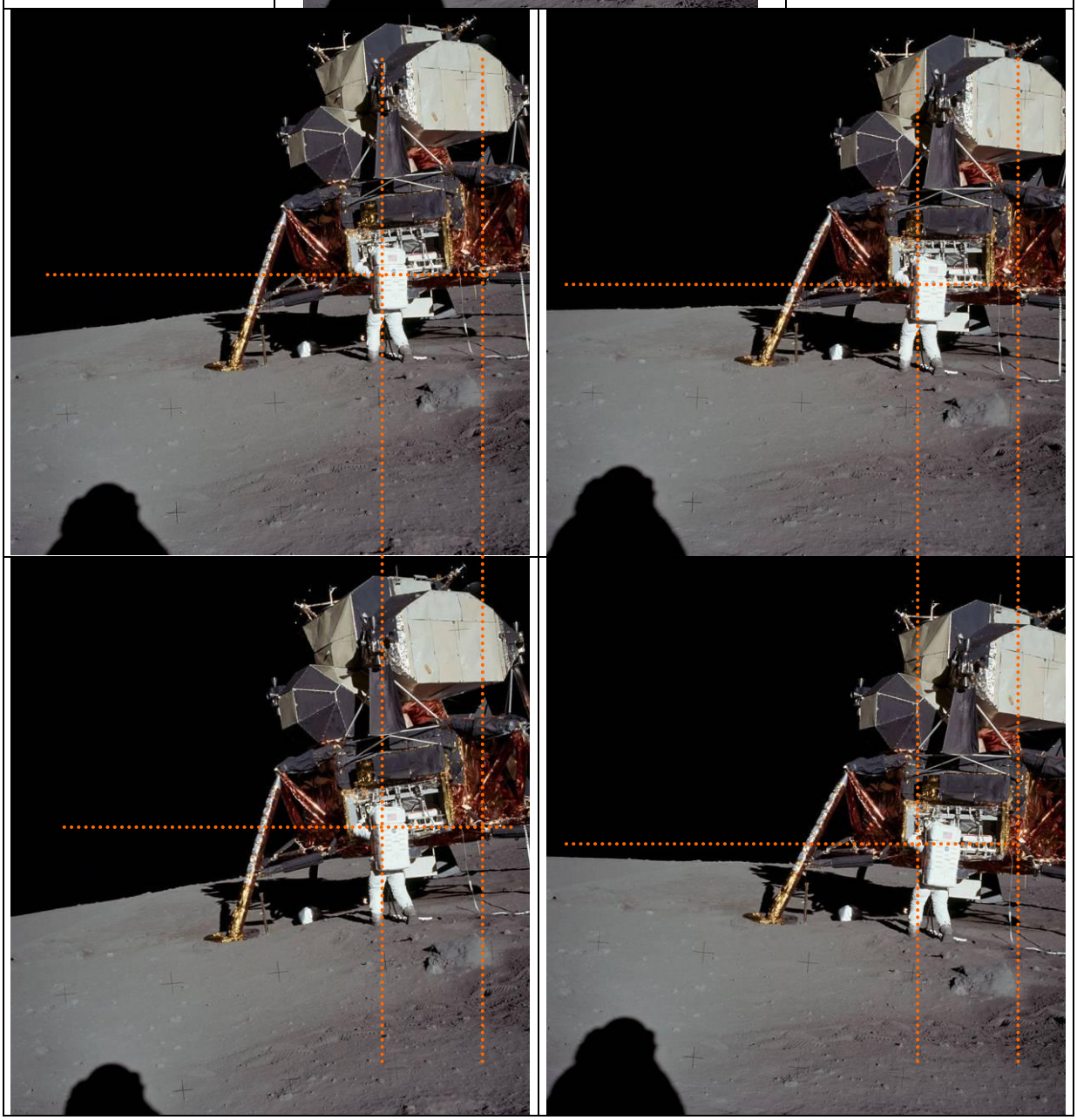


Abbildung 26

Der Astronaut wirkt jeweils im untersten Bild nicht mehr vertikal. Der „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt ist auf allen Bildern sichtbar: man sieht von oben auf die hintere Verstrebung und dann direkt in den „Himmel“. Das LM müsste sehr stark gegen die Kamera geneigt stehen, damit diese Visierlinie aufwärts geneigt wäre. Das wiederum stimmt nicht mit dem Bild mit der Flagge (Abbildung 27) überein, wonach das Gelände eben oder fast eben ist.

Dies scheint schon (fast) Beweis genug, doch Gegner der Studiobild-These behaupten, neben dem Argument, die Horizontale und Vertikale seien nicht exakt,

- das Gelände sei stark geneigt
- die Kamerahöhe sei geringer als von mir angenommen

Beide Argumente stehen im Widerspruch zum Blick auf die hintere Verstrebung: wäre die Kamera tief (tiefer als der Horizont), so müsste das LM beinahe nach vorne kippen. Eine geringe Neigung könnte das Terrain zwar aufweisen, aber wie gerade beschrieben, man blickt in allen Fällen auf den Horizont hinunter.

Die Marge ist bei diesen Bildern eher gering. Deshalb hatte ich weitergesucht und war dann auf das Video gestossen, wo die Verhältnisse wie oben beschrieben klar sind, und wo noch der Widerspruch mit der verkippten Kamera auftauchte.

Der Vollständigkeit halber beende ich dieses Kapitel mit der Analyse des Farbbildes mit der Flagge:

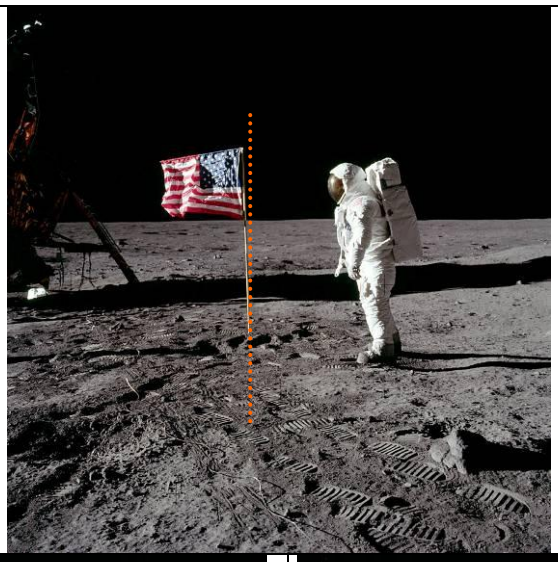
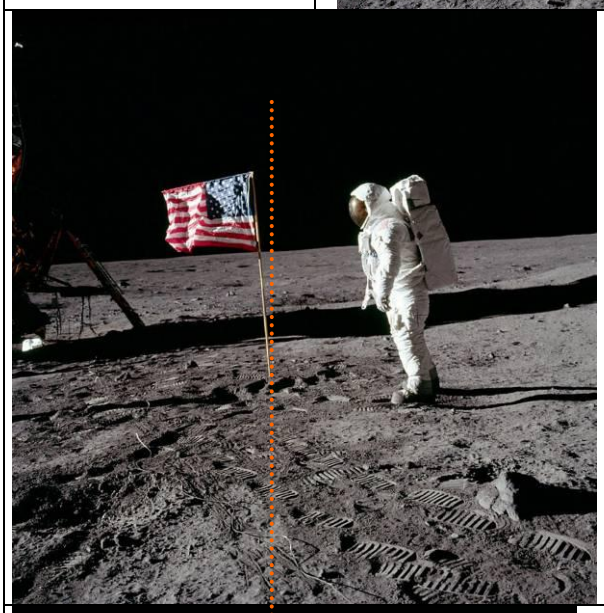
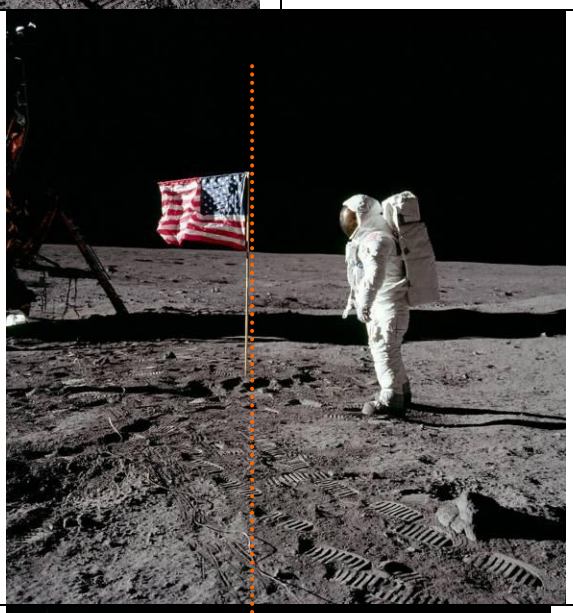
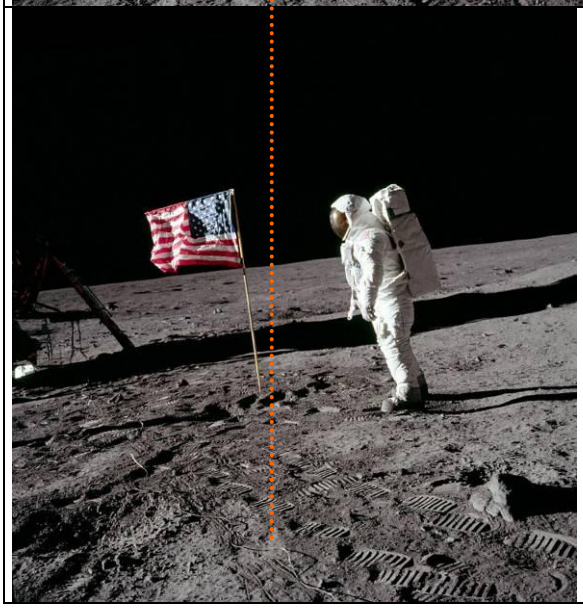
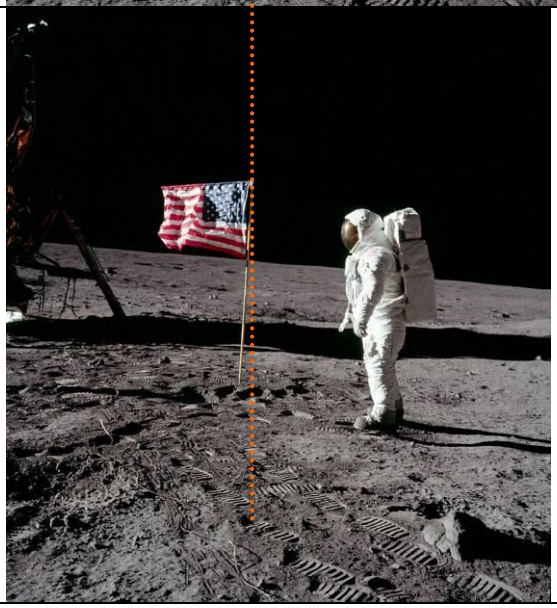
rechts: Original (AS11-40-5875) unten: nach links 50mrad (2.9°) gedreht ganz unten: nach links 100 mrad (5.7°) gedreht Aldrin scheint zu kippen.		unten: nach rechts 50 mrad (2.9°) gedreht ganz unten: nach rechts 100 mrad (5.7°) gedreht
		
		

Abbildung 27

6 Ebenheit der Landeszene anhand eines weiteren Videos (mit der Flagge)

Auf den Bildern des Videos ist der „Zum Himmel hinunterschauen“-Effekt noch deutlicher sichtbar als auf den Farbphotos, so dass das Video allein zum Beweis der Studio-These ausreicht.

Die Gegner der Studiobild-These haben sich bisher wenig zu den Videos geäussert. Die Horizontierung der Kamera wurde in Frage gestellt und auch die angenommene Kamerahöhe. Doch in Anbetracht der Deutlichkeit des „Zum Himmel hinunterschauen“-Effektes hat sich bisher niemand konkret geäussert, also gezeigt, wie man das Bild allenfalls drehen müsste, um eine reale Mondlandschaft vor sich zu haben; und auf welcher Höhe die Kamera wäre.

Die Videos demonstrieren noch deutlicher als die Photos, dass das Gelände eben (horizontal) ist. Vor allem bei der Szene bei der Flagge, wo Astronauten „vorbeispazieren“, kann die Ebenheit sehr gut beurteilt werden, insbesondere senkrecht zur Beobachtungsrichtung. Diese Richtung entspricht etwa der Kamerarichtung des letzten Kapitels.

Die folgenden zwei Bildserien zeigen, dass das Gelände um das LM eben ist. Ich beurteile die Neigung als kleiner als 1° (17mrad). Mit Marge könnte man maximal mit 50mrad rechnen. Zur Verdeutlichung: ab 100 mrad sind Strassen bei uns mit dem Schild „Gefährliches Gefälle“ gekennzeichnet. Andererseits hat sich oben jedoch gezeigt, dass bei den Videobildern die Neigung gar nicht mehr relevant ist.

Abbildung 28

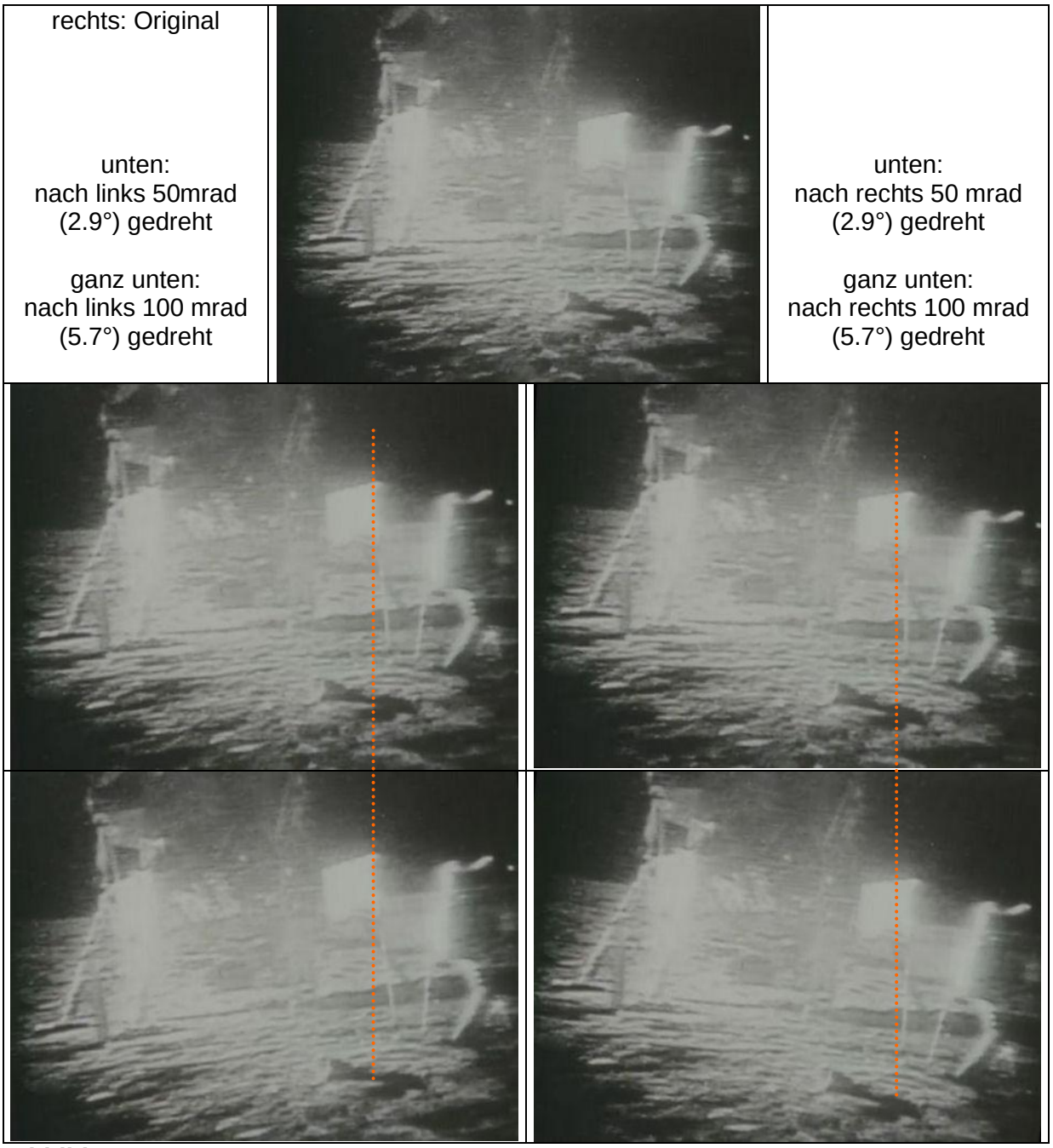


Abbildung 29

Da der Astronaut rechts von der Seite betrachtet wird, füge ich eine weitere Bildserie an, wo der Astronaut auf die Kamera zu hüpft und so eine bessere vertikale Referenz darstellt. Den besten Eindruck erhält man, wenn man das Video anschaut.

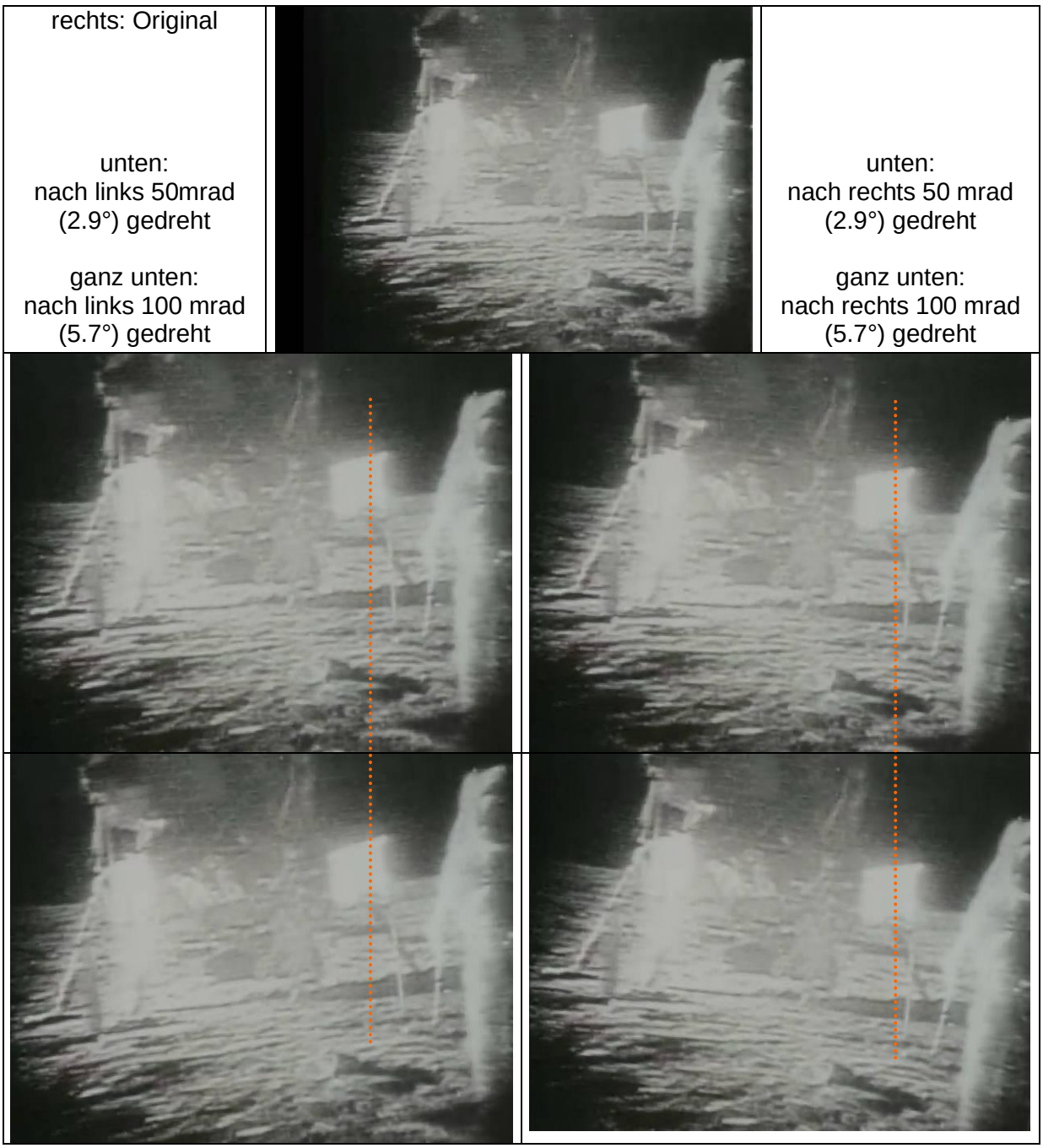


Abbildung 30

Die Realität sollte im Bereich ±50mrad liegen. Bei ±100mrad ist die Verkippung offensichtlich. Beim Betrachten des Videos erscheint die Horizontierung gut, das heisst, man hat nie den Eindruck, die Kamera sei schief.

Author:
Andreas Märki
Ingenieur ETH
Föhrenstrasse 9
CH-8703 Erlenbach ZH
andreas@apollophotos.ch
www.apollophotos.ch

Märki Analytics for Space