

## Aufnahmeszene der NASA-Bilder von der Mondlandung von Apollo 11

### 1. Anlass und Einleitung

Den Anlass zu dieser Analyse gab ein kürzlich publiziertes Bild, wo Aldrin das Sonnensegel aufstellt. Unter anderem stellt sich wegen des nahen und flachen Horizontes die Frage, ob das Bild tatsächlich auf dem Mond oder aber in einer künstlich ausgeleuchteten Szene auf der Erde aufgenommen wurde. Diese Frage wird hier näher untersucht. Dazu werden weitere Bilder der gleichen NASA-Serie sowie ein NASA-Mondlandevideo hinzugezogen, um die mögliche Form der Landeszene zu ermitteln und deren Echtheit abzuschätzen.



Dies ist das Bild direkt von der NASA Homepage:

<http://www.history.nasa.gov/alsj/a11/images11.html> - Mag40

Es ist das Bild AS-11-40-5872.jpg

Link direkt zum Bild:

<http://www.history.nasa.gov/alsj/a11/AS11-40-5872.jpg>

Abbildung 1 „Buzz is deploying the Solar Wind Collector“

Autor:

Andreas Märki

Ingenieur ETH

Föhrenstrasse 9

CH-8703 Erlenbach ZH

[andreas@apollophotos.ch](mailto:andreas@apollophotos.ch)

[www.apollophotos.ch](http://www.apollophotos.ch)

**Märki**  
**Analytics**  
for **Space**



## 2. Sichtweiten

Für die nachfolgenden Betrachtungen wird oft die Sichtweite auf dem Mond auf ebenem und horizontalem Gelände verwendet. Diese kann einfach berechnet werden (siehe Anhang 1) und beträgt bei einer Sichthöhe (Kamerahöhe) von 1.50 m

- auf dem Mond 2.3 km und zum Vergleich
- auf der Erde 4.4 km.

1.5 m wird im Folgenden als mittlere Kamerahöhe angenommen. Kleinere Abweichungen davon fallen nicht ins Gewicht, da die Abhängigkeit schwach ist: bei 1m Kamerahöhe beträgt die Sichtweite auf dem Mond immer noch 1.9 km.

Auf Abbildung 1 beträgt die Sichtweite bis zum Rand geschätzt 50-100m. Die Kamerahöhe ist grösser als 1.50m, da man (fast) über Aldrin hinweg sieht.

Die folgenden Bilder zeigen den Horizontverlauf in andere Richtungen:



AS11-40-5928.jpg



AS11-40-5931.jpg



AS11-40-5868.jpg

**Abbildung 2 Horizontverlauf**

**Mitte links – Mitte – und rechts**

Auf den linken beiden Bildern obiger Abbildung erscheint die kurze Sichtweite offensichtlich: man sieht nur gerade bis zum Schattenende des LM's (Lunar Module), und dies unabhängig von der Aufnahmeposition.

Da die Sichtweite auf dem Mond in der Ebene 2.3 km beträgt (bei einer Sichthöhe von 1.5m), schaut man also nicht tangential in eine weite Ebene, sondern nur bis zum ausgeleuchteten Rand der Szene.



AS11-40-5928.jpg

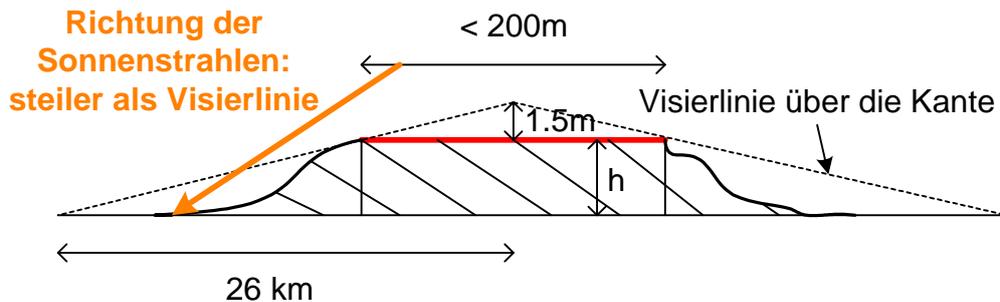


AS11-40-5868.jpg

**Abbildung 3 Wie Abbildung 2, jedoch mit Horizont-, Fluchtlinie und Fluchtpunkt (siehe § 4)**

### 3. Szenerie

Eine natürliche Szenerie, die obige Sichtweiten erfüllt, ist ein Hochplateau etwa in der Grösse und Form eines Fussballfeldes. Richtung Sonne sind auf der untersuchten Serie keine Aufnahmen vorhanden, in dieser Richtung ist die Ausdehnung also unbekannt (ein Bild Richtung Sonne findet man unter [http://www.apolloarchive.com/apollo\\_gallery.html](http://www.apolloarchive.com/apollo_gallery.html), Bild AS11-40-5863-69). Hinter dem Horizont sieht man nichts. Es hat dort keine grösseren Erhebungen. Eine natürliche Szene müsste also wie folgt aussehen:



**Abbildung 4** Vertikalschnitt durch eine Landeszene (rot), wo nur das Plateau sichtbar ist (nicht massstäblich und stark überhöht)

Hinter der sichtbaren Horizontlinie muss sich das Gelände gegen unten neigen. Die scharfe Begrenzung lässt beinahe auf einen „Abgrund“ schliessen.

Die Höhe  $h$  über Meeresboden, also dem Boden des Meeres der Ruhe, wo Apollo 11 landete, kann man wie folgt abschätzen: Nimmt man wieder an, die Kamerahöhe sei 1.5m, und die „Kante des Abgrundes“ sei 100m entfernt, so sieht man mit  $0.86^\circ$  nach unten (siehe Anhang 1). Da man keinen Boden sieht, liegt die Landeszene mindestens 196m ( $h$ ) über dem „Meeresboden“, und es gibt wie gezeichnet keine Erhebungen auf den nächsten 26km (Anhang 1), die über die Visierlinie herausragen.

Da die Sonne deutlich steiler scheint als die Visierlinie zur Kante, muss die Landschaft auch hinter der Kante ausgeleuchtet sein. Den steileren Sonneneinfall sieht man am besten im Bild links in Abbildung 2: der Schatten des fotografierenden Astronauten müsste bis zur Kante gehen, wenn der Sonneneinfall gleich steil wie die Visierlinie zur Kante wäre.

Viele Bilder wurden fast senkrecht zu den Begrenzungslinien gemacht, so dass der Horizont lediglich etwas zu tief ist, was am Einzelbild kaum auffällt (Abbildung 1 und Abbildung 2 Mitte). Wo Bilder schräg zur Seitenlinie gemacht wurden, sieht man diese Seitenlinie perspektivisch korrekt (Abbildung 2 links und rechts). Im Einzelbild denkt man gerne an einen Hang (Abbildung 2 rechts). Dass die Szene eben ist, verdeutlicht nochmals das folgende Bild:



as11-5864-69.jpg (<http://www.history.nasa.gov/alsj/a11/as11-5864-69.jpg>)

**Abbildung 5** Etwas andere Perspektive als Abbildung 2 rechts

#### 4. Vergleich mit dem Mondlandevideo

Bei der Landung der Apollo 11 wurde ein erstes TV-Schwarzweissvideo mit 200 Zeilen gemacht. Dieses ist z.B. auf der DVD von Bruno L. Stanek ([www.stanek.ch](http://www.stanek.ch)) „Flugjahre zum Mond“ zu sehen, auf der Homepage des Schweizer Fernsehens (unter Archiv: <http://www.sf.tv/archiv/schonvergessen.php?month=07>) oder auch direkt auf der NASA Homepage (<http://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/video11.html#Step>, bei 109:42:28). Die DVD hat das Label „Flugjahre2007“. In der folgenden Abbildung ist ein Bild davon:



**Abbildung 6** Szene vom Mondlandevideo  
(aus DVD B. Stanek, Flugjahre2007: VFX\VFS26001.mpg)

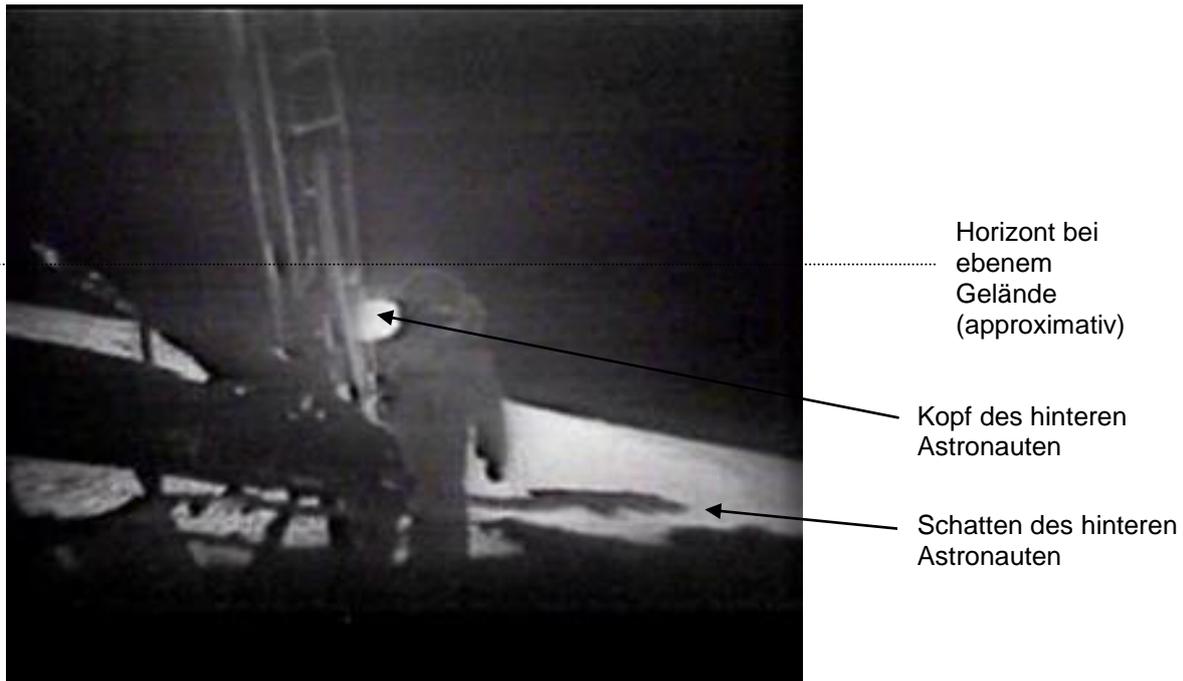
Sichtweite und Horizont stimmen mit den linken beiden Bildern aus Abbildung 2 überein. Auch hier sieht man nur bis zur Kante. Die Sichtweite bis zum Ende der Szenerie ist bis zum nächsten Punkt der Kante noch maximal 30m und die Kamera ist höher als 1.5m, da man auf den Astronauten herabschaut. Unter einem solchen Sichtwinkel<sup>1</sup> blickte man von etwa 2000m Höhe 87km weit über eine ebene Mondlandschaft. Da man jedoch hinten nichts mehr sieht, müsste man sich auf einem Berg befinden, der höher als 2000m ist. Wäre die Szene tiefer als 2000m, würde man in der Ferne den Boden des Meeres der Ruhe sehen. Der schräg verlaufende Horizont zeigt eine gleiche „Abgrundkante“ wie auf Abbildung 2. Die gerade und ebene Begrenzung zielt auf den Fluchtpunkt hin, wie er bei solchen Perspektiven entsteht.

Auch bei den Abbildungen 1 und 2 (linkes und rechtes Bild) kann man durch Einzeichnen des Horizontes auf Kamerahöhe und Verlängern der Kante einfach den Fluchtpunkt ermitteln. Für Abbildung 2 ist dies in Abbildung 3 gemacht. Im Anhang 2 werden die Horizontverläufe durch nachgestellte Bilder mit ähnlichen Blickwinkeln verdeutlicht.

<sup>1</sup> Bei 1.5m Höhe und 30m Distanz resultiert ein Beobachtungswinkel gegenüber der Horizontalen von 2.86°, daraus eine Höhe h von 2171m und ein Sichtweite d von 87km (Anhang 1).

Abbildung 7 bestätigt nochmals die Aussage vom letzten Kapitel, nämlich dass die Sonne steil genug ist, um auch entfernte Teile des Mondes hinter der „Abgrundkante“ beleuchten zu können. Die Sonne scheint auch hier steiler als die Visierlinie von der Kamera zur nahen Kante, was man am besten dem Schatten des hinteren Astronauten ansieht. Das heisst, man müsste im Hintergrund weitere Mondlandschaft sehen, ausser man steht wie früher beschrieben auf einem über 2000m hohen Bergrücken.

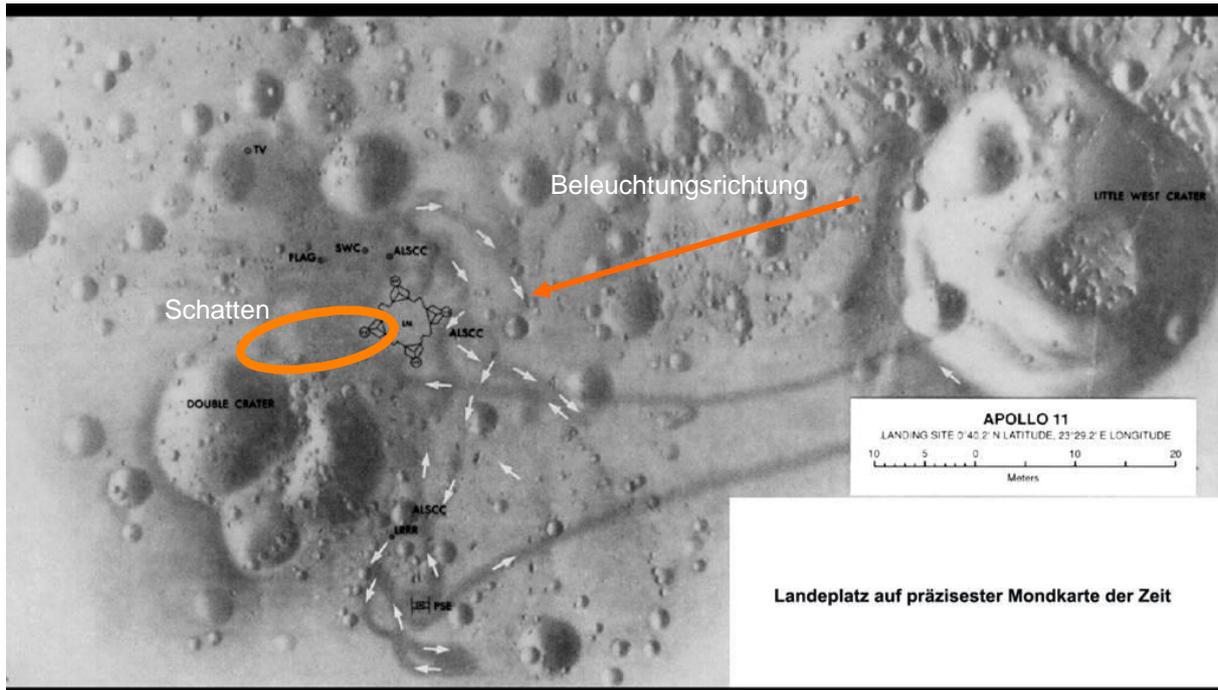
Wäre die Landschaft eben, so wäre der Horizont auf Kamerahöhe; falls es Berge oder Hügel hätte, so wäre er entsprechend höher.



**Abbildung 7** Szene vom Mondlandevideo mit Schatten des hinteren Astronauten

Auf der Karte in der nachfolgenden Abbildung erscheint die Szene als mit Kratern versehene Ebene; von einem Bergrücken oder „Abgrundkanten“ ist nichts zu erkennen. Die Karte findet man auf der DVD von Bruno L. Stanek oder auf der NASA Homepage

([http://history.nasa.gov/alsj/a11/a11\\_lpi\\_trvrsmmap.gif](http://history.nasa.gov/alsj/a11/a11_lpi_trvrsmmap.gif)).



**Abbildung 8 Karte des Landeplatzes (DVD Flugjahre2007: VFX\VFS26007.jpg) mit approximativ eingezeichneter Beleuchtungsrichtung und Schatten des LM's**

Der Vollständigkeit halber ist auf Abbildung 9 ein Bild mit der Flagge aufgeführt. Da die Flagge vom LM aus gesehen rechts vom Schatten steht, und der Schatten etwa mitten durch eine Stütze geht (die mit der Leiter), muss die Sonne auf der Karte von rechts scheinen. Beides habe ich in Abbildung 8 entsprechend orange eingezeichnet. Die Schattenlänge ist anhand Abbildung 1 approximativ wie folgt errechnet:

Der Schatten des Sonnensegels ist im Bild etwa 2.6 mal so lang wie die Höhe des Sonnensegels (in Wirklichkeit ist er noch etwas länger, da er auf dem Bild perspektivisch verkürzt ist, was aber vernachlässigt wird). Bei einer ungefähren Höhe des LM's von 6.5 m (gemäss Wikipedia: „Apollo Lunar Module“: 6.37m; in der DVD wird bei Apollo 17 von 7m gesprochen)<sup>2</sup> ergibt dies eine Schattenlänge von  $2.6 \cdot 6.5\text{m} \approx 17\text{m}$ .



AS11-40-5875

**Abbildung 9 Position der Flagge in der ebenen Landeszene**

<sup>2</sup> Gemäss [http://www.hq.nasa.gov/alsj/LM04\\_Lunar\\_Module\\_ppLV1-17.pdf](http://www.hq.nasa.gov/alsj/LM04_Lunar_Module_ppLV1-17.pdf) ist die Höhe 7.0m

## 5. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Landeszene ist durch horizontale gerade Linien oder Kanten begrenzt und es gibt keinen Hintergrund. Eine Mondlandschaft, auf der die hier aufgeführten Apollo-11-Bilder aufgenommen werden könnten, müsste also etwa die Form eines Fußballfeldes haben und über 2000m höher als die sie umgebende Mondoberfläche liegen. Dies steht im groben Widerspruch zum Landeort, dem (ebenen) Meer der Ruhe und zur angefügten Mondkarte. Ich kann daraus nur schliessen, dass diese Aufnahmen auf der Erde auf einer begrenzt ausgeleuchteten Fläche gemacht wurden – wahrscheinlich in einem Studio.

Die geraden Abgrenzungen könnten zum Beispiel durch die Beleuchtung kombiniert mit baulichen Massnahmen erreicht worden sein, ähnlich wie dies auch auf den offiziellen Studioaufnahmen der Fall ist. Eventuell wurde der Hintergrund der Bilder zusätzlich nachbearbeitet.



<http://history.nasa.gov/alsj/a11/ap11-S69-32247.jpg>  
(Ausschnitt)

**Abbildung 10 Studiobild, das als solches bezeichnet ist (Training)**

Ich kann den fehlenden Hintergrund auch nicht durch andere mögliche Effekte erklären, indem zum Beispiel die Szene schräg wäre oder krater- resp. tellerförmig, so dass man nicht über den Rand hinaus sehen könnte. Die Qualität ist zu gut und die Distanzen sind zu kurz. Die kürzeste Distanz zur Kante sieht man auf den Abbildungen 6 und 7.

Auch die Möglichkeit, dass die Bilder tatsächlich vom Mond stammen und der Hintergrund einfach wegretouchiert wurde, scheint mir nicht real.

### **Persönliche Einschätzung und Nutzen:**

*Revidiert, Juli 2010: siehe Homepage*

~~Es scheint mir kaum wahrscheinlich, dass die Landung mit diesen Studiobildern nur vorgetäuscht wurde und dass alle Mitwisser dies für sich behielten. Ich gehe deshalb davon aus, dass die Mondlandung von Apollo 11 am 20./21. Juli 1969 stattgefunden hat.~~

Durch diese Bilder und die „Direktübertragung“, die man so schon vor der Landung zur Verfügung hatte, wurde die Mondlandung zum perfekten Medienereignis und blieb allen Zuschauern in bester und dank der hohen Bildqualität auch in farbiger Erinnerung.

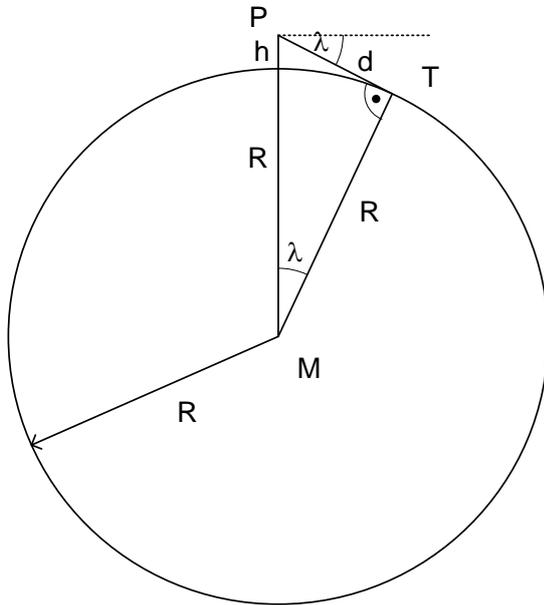
~~Die Diskussion kann jetzt offener stattfinden und es stellen sich andere Fragen, z.B.: Haben die Astronauten kaum Bilder gemacht, um sich auf die Experimente konzentrieren zu können – oder hätten sie in der kurzen Zeit gar nicht so viele gute Bilder aufnehmen können?~~

Mit dem Wissen, dass es sich um Studiobilder handelt, sind nun all die Detaildiskussionen über unnatürliche Beleuchtung, wehende Flagge, fehlende Spuren im Sand vom Raketenantriebwerk und andere mögliche Ungereimtheiten überflüssig geworden und in globo geklärt.

~~Trotz allem würde ich natürlich gerne auch einmal ein echtes Bild von der Mondlandung von Apollo 11 sehen.~~

**Anhang 1: Ermittlung der Sichtweite (d)**

R: Erdradius: 6370 km      Mondradius: 1738 km


**Abbildung 11 Ermittlung der horizontalen Sichtweite auf einer Kugel**

Sichtweite von der Höhe h

(von Betrachter P nach T, dem entferntesten sichtbaren Punkt auf der Kugel):

$$R^2 + d^2 = (R + h)^2$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{2 \cdot R \cdot h + h^2} \approx \sqrt{2 \cdot R \cdot h}$$

Beispiel Erde, h=1.5m:  $d \approx \sqrt{2 \cdot 6370\text{km} \cdot 0.0015\text{km}} \approx 4.4\text{km}$

Beispiel Mond, h=1.5m:  $d \approx \sqrt{2 \cdot 1738\text{km} \cdot 0.0015\text{km}} \approx 2.3\text{km}$

 Sichtweite bei unbekannter Höhe h, aber gegebenem Winkel  $\lambda$  (gegenüber der Horizontalen):

1. Berechnung von h:

$$R + h = \frac{R}{\cos(\lambda)}$$

$$\Rightarrow h = \frac{R}{\cos(\lambda)} - R = R \cdot \left( \frac{1}{\cos(\lambda)} - 1 \right)$$

2. Einsetzen in obige Formel:

$$d \approx \sqrt{2 \cdot R \cdot R \cdot \left( \frac{1}{\cos(\lambda)} - 1 \right)} = R \cdot \sqrt{2 \cdot \left( \frac{1}{\cos(\lambda)} - 1 \right)}$$

Beispiel Mond, mit  $\lambda = \arctg\left(\frac{1.5\text{m}}{100\text{m}}\right) = 0.86^\circ = 15\text{mrad}$ :

$$\Rightarrow h = 196\text{m}; \quad d \approx 26\text{km}$$

 (oder direkt den Bogen berechnen:  $\lambda \cdot R = 0.015\text{rad} \cdot 1738\text{km} = 26\text{km}$ )

## Anhang 2: Bilder zur Verdeutlichung der Horizontverläufe

Die Situation wurde auf dem unten abgebildeten Sportplatz nachgestellt, um zu demonstrieren, wie der Horizont verlief, wenn nur die Wiese beleuchtet und sichtbar wäre – und jenseits der Wiese nichts mehr sichtbar und alles nur schwarz wäre. Die reale Landschaft geht nach der Wiesenkante ja weiter und hört nicht abrupt auf.

Die nachgestellten Bilder wurden aus ähnlichen Blickwinkeln aufgenommen wie die NASA Bilder, so dass die Horizontlinien in etwa gleich verlaufen. Die Distanzen sind jedoch anders als auf den „Mondbildern“, insbesondere als die Leiter ja auch deutlich kleiner ist als das LM.

Die nachgestellten Bilder werden immer paarweise gezeigt: zuerst die Originalaufnahme, dann das gleiche Bild nochmals, wobei der Hintergrund jenseits der Wiese ansatzweise schwarz eingefärbt ist, um die Ähnlichkeit der Perspektive hervorzuheben und um zu zeigen, wie es aussähe, wenn man nur bis zum Rand der Wiese sehen könnte.



**Abbildung 12 Sportplatz, auf dem die nachfolgenden Bilder aufgenommen wurden**



Abbildung 13 Szene gemäss Abbildung 2 links



Dieses Bild zeigt die Hintergrundlandschaft, die rechts wegen des Dunsts kaum sichtbar ist.



Abbildung 14 Szene gemäss Abbildung 2 rechts





Abbildung 15 Szene gemäss Abbildung 6

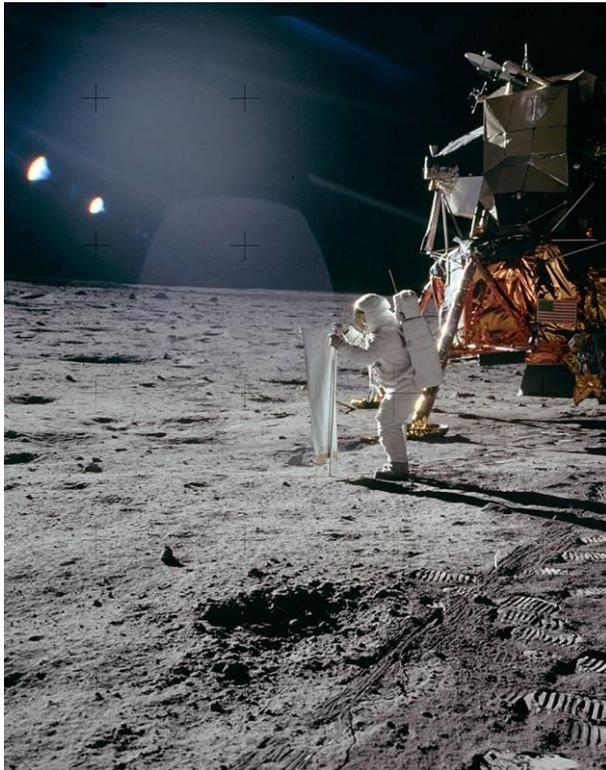


Abbildung 16 Szene gemäss Abbildung 1