

1

00:00:05,240 --> 00:00:08,840

Indem sie unseren Gesichtssinn weit über das Vorstellungsvermögen unserer Vorfahren

2

00:00:08,920 --> 00:00:13,200

hinaus führen, erschließen diese wunderbaren Instrumente, die Teleskope, den Weg zu

3

00:00:13,280 --> 00:00:17,240

einem tieferen und perfekteren Verständnis der Natur. - René Descartes, 1637

4

00:00:17,760 --> 00:00:22,560

Jahrtausendlang richtete die Menschheit ihre Blicke auf den berauschend schönen
Nachthimmel,

5

00:00:22,640 --> 00:00:28,320

ohne die Sterne unserer Milchstraße als fremde Sonnen zu erkennen

6

00:00:28,400 --> 00:00:33,400

oder die Milliarden von Schwestergalaxien als Bausteine des Universums zu identifizieren

7

00:00:35,440 --> 00:00:38,800

oder uns selbst als winzige Punkte zu sehen in der Geschichte des Universums

8

00:00:38,880 --> 00:00:42,520

von der wir schon 13,7 Milliarden Jahre hinter uns haben.

9

00:00:42,600 --> 00:00:46,080

Allein mit dem Auge als Beobachtungsinstrument ausgerüstet, hatten wir keine Mittel,

10

00:00:46,160 --> 00:00:50,120

Sonnensysteme um andere Sterne zu finden oder das Rätsel zu lösen,

11

00:00:50,200 --> 00:00:55,000

ob irgendwo anders im Universum Leben existiert.

12

00:00:58,080 --> 00:01:00,320

Heute sind wir mitten dabei, das Universum zu enträtseln.

13

00:01:00,400 --> 00:01:03,560

Wir leben in einer Epoche, die eine der bedeutendsten

14

00:01:03,640 --> 00:01:05,960

in der Geschichte der Astronomie ist.

15

00:01:05,960 --> 00:01:08,960

Mein Name ist Dr. J., und ich werde Ihnen das Teleskop vorstellen -

16

00:01:09,040 --> 00:01:11,880

jenes merkwürdige Instrument, das sich für die Menschheit

17

00:01:11,960 --> 00:01:15,520

als Schlüssel zum Universum erwies.

18

00:01:17,960 --> 00:01:21,880

UNSER FENSTER ZUM WELTRAUM 400 Jahre Entdeckungen mit Teleskopen

19

00:01:22,200 --> 00:01:26,960

1: Neue Blicke auf den Himmel

20

00:01:28,960 --> 00:01:32,120

Vor 400 Jahren, im Jahr 1609, zog ein Mann aus

21

00:01:32,240 --> 00:01:34,640

auf die Felder vor seinem Haus.

22

00:01:34,720 --> 00:01:39,000

Er richtete sein selbstgebautes Teleskop auf den Mond, die Planeten und die Sterne.

23

00:01:39,080 --> 00:01:42,600

Sein Name war Galileo Galilei.

24

00:01:44,040 --> 00:01:47,280

Die Astronomie sollte sich dadurch grundlegend verändern.

25

00:02:07,440 --> 00:02:12,400

Heute, 400 Jahre nach Galileis ersten teleskopischen Beobachtungen,

26

00:02:12,640 --> 00:02:18,280

verwenden Astronomen riesige Spiegelteleskope auf fernen Berggipfeln, um den Himmel zu durchmustern.

27

00:02:18,360 --> 00:02:23,520

Radioteleskope empfangen extrem schwache Signale aus den Tiefen des Alls.

28

00:02:23,600 --> 00:02:27,680

Forscher haben sogar Teleskope im Weltall platziert,

29

00:02:27,760 --> 00:02:31,960

hoch über der Erdatmosphäre und fernab ihrer störenden Einflüsse.

30

00:02:33,440 --> 00:02:38,680

Und der Himmelsanblick war atemberaubend!

31

00:02:42,960 --> 00:02:46,640

Doch - Galilei war eigentlich nicht der Erfinder des Teleskops.

32

00:02:46,720 --> 00:02:49,760

Diesen Ehrentitel verdient Hans Lipperhey, ein etwas in Vergessenheit geratener

33

00:02:49,840 --> 00:02:53,400

holländischer Linsenschleifer.

34

00:02:53,520 --> 00:02:57,880

Doch Hans Lipperhey richtete sein Teleskop noch nicht auf den Nachthimmel.

35

00:02:57,960 --> 00:03:00,840

Vielmehr meinte er, seine Erfindung würde vor allem

36

00:03:00,920 --> 00:03:03,640

Seefahrern und Soldaten nützen.

37

00:03:03,800 --> 00:03:07,240

Lipperhey kam aus Middelburg, einer damals bedeutenden Handelsstadt

38

00:03:07,320 --> 00:03:10,440

im noch jungen Holland.

39

00:03:13,960 --> 00:03:18,040

1608 erkannte Lipperhey, dass bei der Betrachtung eines entfernten Objekts

40

00:03:18,120 --> 00:03:24,000

durch Kombination einer Sammel- und Zerstreuungslinse jenes Objekt vergrößert erscheint, wenn

41

00:03:24,080 --> 00:03:29,640

die beiden Linsen die richtige Entfernung voneinander haben.

42

00:03:29,720 --> 00:03:33,800

Das Teleskop war erfunden!

43

00:03:33,880 --> 00:03:37,520

Im September 1608 teilte Lipperhey seine Entdeckung

44

00:03:37,600 --> 00:03:39,880

Prinz Maurits von Holland mit.

45

00:03:39,960 --> 00:03:42,840

Er hätte keinen geeigneteren Zeitpunkt wählen können, denn

46

00:03:42,920 --> 00:03:45,880

gerade zu jener Zeit war Holland in den Achtzigjährigen Krieg

47

00:03:45,960 --> 00:03:49,320

gegen Spanien verwickelt.

48

00:03:55,320 --> 00:03:59,080

Das neu erfundene Fernglas konnte Objekte vergrößern und so

49

00:03:59,160 --> 00:04:02,280

feindliche Schiffe und Truppen enthüllen, die zu weit entfernt waren, um

50

00:04:02,360 --> 00:04:04,360

mit dem bloßen Auge erspäht zu werden.

51

00:04:04,440 --> 00:04:07,440

Ohne Zweifel eine höchst nützliche Erfindung!

52

00:04:07,560 --> 00:04:12,000

Und doch verliehen die Generalstaaten in Den Haag Lipperhey niemals ein Patent für sein Teleskop.

53

00:04:12,080 --> 00:04:15,400

Der Grund dafür war: Auch andere beanspruchten dieselbe Erfindung für sich,

54

00:04:15,520 --> 00:04:19,200

besonders Lipperheys Konkurrent Zacharias Janssen.

55

00:04:19,280 --> 00:04:21,520

Der Streit wurde nie beigelegt.

56

00:04:21,600 --> 00:04:27,920

Und so blieb der Ursprung des Teleskops bis heute gewissermaßen in Dunkel gehüllt.

57

00:04:28,920 --> 00:04:32,720

Der italienische Astronom Galileo Galilei, einer der Väter der modernen Physik,

58

00:04:32,800 --> 00:04:37,640

erhielt Kunde vom Teleskop und beschloss, sich selbst eines zu bauen.

59

00:04:38,320 --> 00:04:42,360

Etwa zehn Monate zuvor kam ihm ein Bericht zu Ohren, wonach ein gewisser

60

00:04:42,440 --> 00:04:48,200

Fleming ein vergrößerndes Sehrohr konstruiert habe, mit dessen Hilfe gerade noch sichtbare Objekte

61

00:04:48,280 --> 00:04:52,960

trotz ihrer großen Entfernung dem Auge sehr deutlich gemacht werden konnten,

62

00:04:53,040 --> 00:04:56,120

als ob sie ganz nahe lägen.

63

00:04:56,520 --> 00:04:59,440

Galilei war einer der größten Wissenschaftler seiner Zeit.

64

00:04:59,560 --> 00:05:02,600

Er war auch ein überzeugter Anhänger der neuen Weltsicht

65

00:05:02,680 --> 00:05:06,160

des polnischen Astronomen Nikolaus Kopernikus, der die Ansicht vertreten hatte, dass

66

00:05:06,240 --> 00:05:10,440

die Erde sich um die Sonne bewege, nicht umgekehrt.

67

00:05:11,560 --> 00:05:14,240

Basierend auf dem, was er über das holländische Teleskop gehört hatte, konstruierte Galilei

68

00:05:14,320 --> 00:05:16,600

seine eigenen optischen Instrumente.

69

00:05:16,680 --> 00:05:19,160

Sie waren von viel besserer Qualität.

70

00:05:20,560 --> 00:05:25,320

Da er weder Mühen noch Kosten scheute, gelang es ihm schließlich,

71

00:05:25,400 --> 00:05:29,680

selbst ein hervorragendes Instrument zu konstruieren, das Objekte

72

00:05:29,760 --> 00:05:33,920

bei Gebrauch nahezu 1000 mal grösser erscheinen als

73

00:05:33,960 --> 00:05:38,840

im Vergleich zum Anblick mit dem bloßen Auge, und in ihrer scheinbaren Flächenausdehnung um fast das viertausendfache.

74

00:05:39,720 --> 00:05:43,640

So wurde es Zeit, sein Teleskop auch zum Himmel zu richten.

75

00:05:45,920 --> 00:05:49,680

Ich wurde zur Überzeugung geführt, dass die Oberfläche

76

00:05:49,800 --> 00:05:53,520

des Mondes nicht glatt ist, nicht gleichförmig und exakt kugelförmig,

77

00:05:53,760 --> 00:05:57,440

wie viele Philosophen und Forscher meinen,

78

00:05:57,560 --> 00:06:01,720

sondern uneben, rauh und voller Löcher und Erhebungen -

79

00:06:01,800 --> 00:06:06,240

gar nicht unähnlich der Erdoberfläche.

80

00:06:11,640 --> 00:06:15,320

Eine Landschaft von Kratern, Bergen und Tälern.

81

00:06:15,400 --> 00:06:18,320

Eine Welt wie unsere eigene, irdische!

82

00:06:19,600 --> 00:06:24,040

Einige Wochen später, im Januar 1610, betrachtete Galilei den Jupiter.

83

00:06:24,120 --> 00:06:28,600

In der Nähe des Planeten sah er vier Lichtpunkte; sie änderten

84

00:06:28,720 --> 00:06:32,960

ihre Position am Himmel Nacht für Nacht, wie auch Jupiter selbst.

85

00:06:33,040 --> 00:06:37,920

Es war wie ein langsames, kosmisches Ballett von Monden rund um den Planeten.

86

00:06:37,960 --> 00:06:40,760

Die vier Lichtpunkte sollten später bekannt werden

87

00:06:40,840 --> 00:06:43,600

als die Galilei'schen Monde des Jupiter.

88

00:06:43,720 --> 00:06:46,240

Was fand Galilei sonst noch?

89

00:06:46,320 --> 00:06:48,400

Die Phasen der Venus!

90

00:06:48,560 --> 00:06:51,920

Ebenso wie der Mond zeigt die Venus ein Anwachsen und Abnehmen, von der schmalen Sichel

91

00:06:51,960 --> 00:06:54,200

zur voll beleuchteten Kugel.

92

00:06:54,280 --> 00:06:58,600

Außerdem: Seltsame „Henkel“ an beiden Seiten des Saturn.

93

00:06:58,720 --> 00:07:01,160

Dunkle Flecken auf der Sonne.

94

00:07:01,280 --> 00:07:03,440

Und natürlich viele Sterne.

95

00:07:03,560 --> 00:07:06,400

Tausende davon, vielleicht sogar Millionen.

96

00:07:06,520 --> 00:07:09,320

All diese Sterne waren aber zu schwach für das freie Auge.

97

00:07:09,440 --> 00:07:13,920

Es war so, als sei der Menschheit eine Augenbinde abgefallen.

98

00:07:13,960 --> 00:07:18,000

Ein ganzes Universum tat sich auf und hielt eine Fülle an Entdeckungen bereit.

99

00:07:23,440 --> 00:07:27,760

Nachrichten über das Teleskop verbreiteten sich in Europa wie ein Lauffeuer.

100

00:07:27,880 --> 00:07:32,080

In Prag, am Hof Kaiser Rudolph II., ging Johannes Kepler daran,

101

00:07:32,200 --> 00:07:34,800

den Strahlengang des Teleskops zu verbessern.

102

00:07:34,880 --> 00:07:38,840

In Antwerpen stellte der holländische Kartograph Michael van Langren

103

00:07:38,960 --> 00:07:41,920

die ersten verlässlichen Mondkarten her, die das zeigten, was er

104

00:07:41,960 --> 00:07:44,400

für Kontinente und Ozeane hielt.

105

00:07:44,560 --> 00:07:49,680

Und Johannes Hevelius, ein wohlhabender Bierbrauer im heutigen Polen, baute riesige

106

00:07:49,760 --> 00:07:53,200

Teleskope in seiner Sternwarte in Danzig.

107

00:07:53,280 --> 00:07:57,880

Diese Sternwarte war so groß, dass sie drei Hausdächer überdeckte!

108

00:07:59,200 --> 00:08:02,240

Doch die besten Instrumente jener Zeit wurden wahrscheinlich

109

00:08:02,320 --> 00:08:05,360

von Christiaan Huygens in Holland hergestellt.

110

00:08:05,440 --> 00:08:11,080

1655 entdeckte Huygens den größten aller Saturnmonde, Titan.

111

00:08:11,160 --> 00:08:15,160

Einige Jahre später enthüllten seine Beobachtungen Saturns Ringsystem,

112

00:08:15,240 --> 00:08:20,320

ein Phänomen, das Galilei nie verstanden hatte.

113

00:08:20,400 --> 00:08:24,640

Und nicht zuletzt sah Huygens Strukturen und helle

114

00:08:24,720 --> 00:08:27,360

Polkappen des Mars.

115

00:08:27,440 --> 00:08:31,080

Sollten etwa gar Lebewesen auf dieser fernen, fremden Welt existieren?

116

00:08:31,160 --> 00:08:35,240

Diese Frage beschäftigt Astronomen bis heute.

117

00:08:35,920 --> 00:08:39,520

Die frühesten Fernrohre waren allesamt Refraktoren, die

118

00:08:39,600 --> 00:08:42,680

Linsen benutzten, um Licht zu sammeln und zu fokussieren.

119

00:08:42,760 --> 00:08:45,440

Später aber wurden die Linsen durch Spiegel ersetzt.

120

00:08:45,560 --> 00:08:49,080

Das Spiegelteleskop wurde erstmals von Nicolaus Zucchius konstruiert

121

00:08:49,160 --> 00:08:52,000

und später von Isaac Newton verbessert.

122

00:08:52,080 --> 00:08:55,760

Im späten 18. Jahrhundert schließlich wurden die größten Spiegelfernrohre der Welt

123

00:08:55,840 --> 00:08:59,600

von William Herschel, einem Musiker und Astronomen, gebaut.

124

00:08:59,680 --> 00:09:02,520

Er arbeitete mit seiner Schwester Karoline zusammen.

125

00:09:02,600 --> 00:09:06,200

In ihrem Haus in Bath, England, gossen die Herschels rotglühendes

126

00:09:06,280 --> 00:09:09,880

geschmolzenes Metall in eine Gießform, und nach Abkühlung des Ganzen

127

00:09:09,960 --> 00:09:15,440

polierten sie die Oberfläche, so dass sie das Sternenlicht reflektierte.

128

00:09:15,560 --> 00:09:20,320

Im Laufe seines Lebens baute Herschel mehr als 400 Teleskope.

129

00:09:24,520 --> 00:09:28,360

Die größten davon waren so gewaltig, dass er vier Diener brauchte, um

130

00:09:28,440 --> 00:09:31,600

sie mittels verschiedener Seilzüge, Räder und Rollen zu bewegen,

131

00:09:31,680 --> 00:09:36,000

was nötig war, um den Bahnen der Sterne am Himmel zu folgen,

132

00:09:36,080 --> 00:09:39,440

die natürlich nur die Rotation der Erde widerspiegeln.

133

00:09:39,560 --> 00:09:43,080

Herschel glich einem Wächter des Himmels, er ließ keine Stelle am Firmament aus

134

00:09:43,160 --> 00:09:46,720

und katalogisierte Hunderte von Nebelflecken und Doppelsternen.

135

00:09:46,800 --> 00:09:50,280

Er erkannte auch, dass die Milchstraße ein abgeplattetes System ist.

136

00:09:50,360 --> 00:09:54,120

Und er vermaß sogar die Bewegung des Sonnensystems durch diese abgeflachte Scheibe,

137

00:09:54,200 --> 00:09:58,840

indem er die Relativbewegungen der Sterne und der Planeten verfolgte.

138

00:09:58,920 --> 00:10:06,360

Schließlich geschah es: Am 13. März 1781 entdeckte er einen neuen Planeten – Uranus.

139

00:10:06,440 --> 00:10:10,680

Erst 200 Jahre später sollte die NASA-Sonde Voyager 2

140

00:10:10,760 --> 00:10:15,880

den Astronomen einen ersten Einblick in die Details der Uranus-Welt geben.

141

00:10:16,800 --> 00:10:21,240

In den fruchtbaren ländlichen Regionen Irlands baute William Parsons,

142

00:10:21,320 --> 00:10:26,560

der dritte Graf von Rosse, das größte Teleskop des 19. Jahrhunderts.

143

00:10:26,640 --> 00:10:30,560

Mit einem Metallspiegel von sagenhaften 1,8 Meter Durchmesser wurde

144

00:10:30,640 --> 00:10:35,240

das Teleskop auch als „Leviathan von Parsonstown“ bekannt.

145

00:10:35,320 --> 00:10:39,320

In klaren, mondlosen Nächten saß der Graf an seinem Okular

146

00:10:39,440 --> 00:10:44,400

und trat eine Reise durchs Universum an.

147

00:10:45,280 --> 00:10:50,160

Etwa zum Orion-Nebel, der nun als Sternen-Geburtsstätte bekannt ist.

148

00:10:50,280 --> 00:10:55,920

Oder zum mysteriösen Krabben-Nebel, dem Überrest einer Supernova-Explosion.

149

00:10:55,960 --> 00:10:57,920

Und die Whirlpool-Galaxie?

150

00:10:57,960 --> 00:11:02,560

Lord Rosse war der Erste, der ihre majestätische Spiralstruktur bemerkte.

151

00:11:02,640 --> 00:11:08,400

Eine Galaxie wie unsere eigene, mit komplexen Wolken aus dunklem Staub und leuchtendem Gas,

152

00:11:08,520 --> 00:11:12,400

Milliarden von Einzelsternen und, wer weiß,

153

00:11:12,520 --> 00:11:16,560

vielleicht sogar erdähnlichen Planeten.

154

00:11:18,920 --> 00:11:24,920

So wurde das Fernrohr unser neues Tor zum Universum.

155

00:11:29,720 --> 00:11:34,080

2. Je größer desto besser

156

00:11:36,080 --> 00:11:38,480

In der Nacht passen sich Ihre
Augen an die Dunkelheit an.

157

00:11:38,560 --> 00:11:42,640

Ihre Pupillen öffnen sich weiter, damit
mehr Licht in Ihre Augen fallen kann.

158

00:11:42,720 --> 00:11:47,880

Dadurch können Sie dunklere
Gegenstände und schwächere Sterne sehen.

159

00:11:47,960 --> 00:11:51,720

Jetzt stellen Sie sich einmal vor, dass Sie Pupillen
mit einem Durchmesser von einem Meter hätten.

160

00:11:51,800 --> 00:11:55,960

Sie würden ziemlich sonderbar aussehen, aber
Sie hätten auch ein überirdisches Sehvermögen!

161

00:11:56,000 --> 00:11:59,400

Und genau das schaffen
Teleskope für Sie.

162

00:12:01,880 --> 00:12:04,640

Ein Teleskop funktioniert
wie ein Trichter.

163

00:12:04,720 --> 00:12:10,240

Seine Objektivlinse oder sein Hauptspiegel sammeln
das Sternenlicht und führen es in Ihrem Auge zusammen.

164

00:12:13,080 --> 00:12:17,800

Je größer die Linse oder der Spiegel eines Teleskops
sind, umso schwächere Objekte können Sie sehen.

165

00:12:17,880 --> 00:12:20,720

Also ist die Größe
wirklich entscheidend.

166

00:12:20,800 --> 00:12:23,400

Aber wie groß kann
man ein Teleskop bauen?

167

00:12:23,480 --> 00:12:26,400

Na ja, nicht allzu groß, wenn es ein
Refraktor – ein Linsenteleskop – ist.

168

00:12:29,480 --> 00:12:32,720

Das Sternenlicht muss die
Objektivlinse passieren.

169

00:12:32,800 --> 00:12:36,080

Also kann man sie nur am Rand fassen.

170

00:12:36,160 --> 00:12:41,880

Wenn die Linse nun zu groß ist, wird sie zu schwer und fängt an, sich unter ihrem eigenen Gewicht zu verformen.

171

00:12:41,960 --> 00:12:45,640

Dadurch wird das Bild verzerrt.

172

00:12:47,400 --> 00:12:54,320

Der größte Refraktor der Geschichte wurde 1897 am Yerkes-Observatorium außerhalb von Chicago fertig gestellt.

173

00:12:54,400 --> 00:12:57,480

Seine Objektivlinse maß etwas über einen Meter.

174

00:12:57,560 --> 00:13:02,080

Aber sein Rohr war unglaubliche 18 Meter lang.

175

00:13:02,160 --> 00:13:08,720

Mit der Vollendung des Yerkes-Teleskops hatten die Konstrukteure von Linsenteleskopen ihre Grenzen weitgehend erreicht.

176

00:13:08,800 --> 00:13:10,880

Sie wollen größere Teleskope?

177

00:13:10,960 --> 00:13:12,800

Denken Sie an Spiegel.

178

00:13:17,080 --> 00:13:23,080

In einem Spiegelteleskop wird das Sternenlicht von einem Spiegel reflektiert, anstatt eine Linse zu durchlaufen.

179

00:13:23,160 --> 00:13:29,400

Das heißt, dass ein Spiegel viel dünner als eine Linse sein kann, und dass man seine Halterung hinten anbringen kann.

180

00:13:29,480 --> 00:13:34,640

Als Resultat kann man viel größere Spiegel als Linsen bauen.

181

00:13:35,640 --> 00:13:39,720

Vor einem Jahrhundert kamen große Spiegel nach Süd-Kalifornien.

182

00:13:39,800 --> 00:13:44,880

Damals war der Mount Wilson ein abgelegener Gipfel in der Wildnis der San Gabriel – Berge.

183

00:13:44,960 --> 00:13:49,080

Der Himmel war wolkenlos
und die Nächte dunkel.

184

00:13:49,160 --> 00:13:53,640

Hier baute George Ellery Hale
zunächst ein 1.5-Meter-Teleskop.

185

00:13:53,720 --> 00:13:58,400

Es war zwar kleiner als der außer Dienst gestellte
Koloss des Lord Rosse, aber von viel besserer Qualität.

186

00:13:58,480 --> 00:14:02,160

Und auch der Standort war weit besser.

187

00:14:02,240 --> 00:14:07,640

Hale überredete den örtlichen Geschäftsmann John
Hooker, ihm ein 2.5-Meter-Instrument zu finanzieren.

188

00:14:07,720 --> 00:14:12,560

Tonnen von Glas und genietetem Stahl
wurden auf den Mount Wilson geschleppt.

189

00:14:12,640 --> 00:14:16,000

Das Hooker-Teleskop wurde
1917 fertig gestellt.

190

00:14:16,080 --> 00:14:20,240

30 Jahre lang sollte es das
größte Teleskop der Welt bleiben.

191

00:14:20,320 --> 00:14:25,400

Ein großes Stück kosmischer Artillerie,
bereit zum Vorstoß ins Universum.

192

00:14:28,480 --> 00:14:31,080

Und der Vorstoß gelang.

193

00:14:31,160 --> 00:14:34,240

Gemeinsam mit der unglaublichen
Größe des neuen Teleskops

194

00:14:34,280 --> 00:14:37,240

veränderte sich auch die
Art, das Bild zu betrachten.

195

00:14:37,280 --> 00:14:40,800

Die Astronomen schauten nicht länger
durch das Okular des neuen Riesen.

196

00:14:40,880 --> 00:14:45,960

Stattdessen sammelten sie das Licht
stundenlang auf fotografischen Platten.

197

00:14:46,000 --> 00:14:50,800

Nie zuvor hatte irgendjemand
tiefer in den Kosmos geschaut.

198

00:14:50,880 --> 00:14:55,160

Es zeigte sich, dass Spiralnebel vor
einzelnen Sternen nur so strotzen.

199

00:14:55,240 --> 00:14:59,560

Konnten sie riesig ausgedehnte Sternsysteme
wie unsere eigene Milchstraße sein?

200

00:14:59,640 --> 00:15:03,800

Im Andromeda-Nebel entdeckte Edwin
Hubble eine besondere Art Stern,

201

00:15:03,880 --> 00:15:07,400

der seine Helligkeit mit der
Präzision eines Uhrwerks verändert.

202

00:15:07,480 --> 00:15:11,720

Diese Beobachtungen erlaubten Hubble,
die Entfernung zu Andromeda zu bestimmen:

203

00:15:11,800 --> 00:15:15,960

fast eine Million Lichtjahre.

204

00:15:16,080 --> 00:15:22,720

Spiralnebel wie Andromeda waren
eindeutig eigenständige Galaxien.

205

00:15:24,480 --> 00:15:27,320

Aber das war nicht die einzige
unglaubliche Entdeckung.

206

00:15:27,400 --> 00:15:32,000

Man fand heraus, dass sich die meisten
dieser Galaxien von der Milchstraße entfernen.

207

00:15:32,080 --> 00:15:37,640

Auf dem Mount Wilson fand Hubble heraus, dass nahe
Galaxien kleine Fluchtgeschwindigkeiten haben,

208

00:15:37,640 --> 00:15:42,480
während entfernte Galaxien sich
viel schneller von uns weg bewegen.

209
00:15:42,560 --> 00:15:43,720
Die Folgerung?

210
00:15:43,800 --> 00:15:46,560
Das Universum dehnt sich aus.

211
00:15:46,640 --> 00:15:53,400
Mit dem Hooker-Teleskop war den Wissenschaftlern die weitreichendste
astronomische Entdeckung des 20. Jahrhundert gelungen.

212
00:15:56,080 --> 00:16:00,640
Dank dieses Teleskops haben wir die
Geschichte des Universums zurück verfolgt.

213
00:16:00,720 --> 00:16:04,880
Vor etwas weniger als 14 Milliarden
Jahren wurde das Universum

214
00:16:04,960 --> 00:16:09,240
in einer gewaltigen Explosion von Raum
und Zeit, Materie und Energie geboren,

215
00:16:09,280 --> 00:16:11,560
die wir Urknall nennen.

216
00:16:11,640 --> 00:16:17,480
Winzige Quantenfluktuationen wuchsen in der ursprünglichen
Teilchensuppe zu Regionen größerer Dichte heran.

217
00:16:17,560 --> 00:16:20,160
Daraus kondensierten Galaxien.

218
00:16:20,240 --> 00:16:23,800
Eine atemberaubende Vielfalt
von Größen und Formen.

219
00:16:26,560 --> 00:16:30,400
Kernfusion im Herzen der
Sterne bildete neue Atome.

220
00:16:30,480 --> 00:16:34,880
Kohlenstoff, Sauerstoff, Eisen, Gold.

221
00:16:34,960 --> 00:16:39,640
Supernova-Explosionen schleuderten diese
schweren Elemente zurück in den Weltraum.

222

00:16:39,720 --> 00:16:43,080

Rohmaterial für die
Entstehung neuer Sterne.

223

00:16:43,160 --> 00:16:44,800

Und Planeten!

224

00:16:46,880 --> 00:16:54,880

Irgendwann, irgendwo, irgendwie entwickelten sich aus
einfachen organischen Molekülen lebende Organismen.

225

00:16:54,960 --> 00:17:00,560

Leben ist eines der Wunder in einem
Universum, das sich ständig weiter entwickelt.

226

00:17:00,640 --> 00:17:02,880

Wir sind Sternenstaub.

227

00:17:02,960 --> 00:17:07,000

Es ist eine großartige Vision und
eine mitreißende Geschichte,

228

00:17:07,080 --> 00:17:11,160

die uns Beobachtungen
durch Teleskope erzählen.

229

00:17:11,240 --> 00:17:15,640

Man stelle sich vor: Ohne das Teleskop
würden wir bloß sechs Planeten kennen

230

00:17:15,720 --> 00:17:18,160

einen Mond, und ein
paar tausend Sterne.

231

00:17:18,240 --> 00:17:22,400

Die Astronomie wäre über ihre
Anfänge noch nicht hinaus gekommen.

232

00:17:23,640 --> 00:17:27,480

Wie verborgene Schätze haben die Vorposten
des Universums seit unvordenklichen Zeiten

233

00:17:27,560 --> 00:17:30,000

die Abenteuerlustigen
herausgefordert.

234

00:17:30,080 --> 00:17:35,480

Fürsten und Potentaten der Politik oder der
Industrie ebenso wie Männer der Wissenschaft

235

00:17:35,560 --> 00:17:40,240

haben den Lockruf des unerforschten Ozeans
gespürt. Dank der instrumentellen Möglichkeiten

236

00:17:40,280 --> 00:17:45,400

die sie zur Verfügung stellten, erweiterte
sich der Horizont der Erkundung schnell.

237

00:17:59,800 --> 00:18:02,640

George Ellery Hale hatte
einen letzten Traum:

238

00:18:02,720 --> 00:18:06,960

Ein Teleskop zu bauen, das doppelt so
groß wie der bisherige Rekordhalter war.

239

00:18:07,000 --> 00:18:10,880

Lernen Sie die große alte Dame der
Astronomie des 20. Jahrhunderts kennen:

240

00:18:10,960 --> 00:18:15,880

Das Fünf-Meter Hale-Teleskop
auf dem Palomar Mountain.

241

00:18:15,960 --> 00:18:20,560

Über fünfhundert Tonnen bewegliches Gewicht,
und doch so präzise ausbalanciert,

242

00:18:20,640 --> 00:18:24,640

dass es sich anmutig
wie eine Ballerina bewegt.

243

00:18:24,720 --> 00:18:30,240

Sein 40 Tonnen schwerer Spiegel zeigt Sterne, die 40 Millionen
Mal schwächer sind als die mit bloßem Auge sichtbaren.

244

00:18:30,280 --> 00:18:35,240

1948 fertiggestellt, schenkte uns das
Hale-Teleskop unübertroffene Bilder von Planeten,

245

00:18:35,280 --> 00:18:38,800

Sternhaufen, Nebeln und Galaxien.

246

00:18:41,080 --> 00:18:44,960

Der Riese Jupiter mit
seinen vielen Monden.

247

00:18:45,080 --> 00:18:49,080

Der überwältigende Flammennebel.

248

00:18:49,160 --> 00:18:54,240

Schwache Schleier aus

Gas im Orion-Nebel.

249

00:18:59,880 --> 00:19:02,080

Aber können wir noch größer werden?

250

00:19:02,160 --> 00:19:06,240

Nun, sowjetische Astronomen versuchten

es in den späten 1970er Jahren.

251

00:19:06,280 --> 00:19:10,640

Hoch in den Bergen des Kaukasus bauten sie

sie das Bolshoi Teleskop Azimutalny,

252

00:19:10,720 --> 00:19:14,880

das einen Primärspiegel von

sechs Metern Durchmesser aufwies.

253

00:19:14,960 --> 00:19:17,640

Aber es wurde den Erwartungen

nie wirklich gerecht.

254

00:19:17,720 --> 00:19:21,720

Es war einfach zu groß,

zu teuer und zu schwierig.

255

00:19:21,800 --> 00:19:24,960

Mussten die Teleskopbauer an

diesem Punkt also aufgeben?

256

00:19:25,080 --> 00:19:28,480

Mussten sie ihre Träume von noch

größeren Instrumenten begraben?

257

00:19:28,560 --> 00:19:31,960

War die Geschichte des Teleskops

zu einem vorzeitigen Ende gekommen?

258

00:19:32,080 --> 00:19:33,400

Natürlich nicht.

259

00:19:33,480 --> 00:19:36,480

Heute arbeiten Zehn-Meter

Teleskope erfolgreich.

260

00:19:36,560 --> 00:19:39,160

Und noch größere sind in Planung.

261
00:19:39,240 --> 00:19:40,720
Was war die Lösung?

262
00:19:40,800 --> 00:19:42,640
Neue Technologien.

263
00:19:44,000 --> 00:19:48,760
3. Rettung durch neue Technologien

264
00:19:48,960 --> 00:19:52,800
Genauso wie moderne Autos nicht mehr das Aussehen
eines Ford-T-Modells haben, unterscheiden sich die

265
00:19:52,880 --> 00:19:56,280
heutigen Teleskope sehr stark
von ihren klassischen Vorgängern

266
00:19:56,360 --> 00:19:58,680
wie zum Beispiel das
Fünf-Meter-Hale-Teleskop.

267
00:19:58,760 --> 00:20:01,880
Zum einen sind ihre
Montierungen viel kleiner.

268
00:20:01,960 --> 00:20:05,840
Früher war die äquatoriale Montierung
üblich, bei welcher eine Achse

269
00:20:05,920 --> 00:20:09,720
immer parallel zur
Erdachse ausgerichtet ist.

270
00:20:09,800 --> 00:20:13,480
Um Himmelsobjekten nachzufolgen,
muss sich das Fernrohr lediglich

271
00:20:13,560 --> 00:20:18,200
um diese Achse drehen, und zwar mit derselben
Geschwindigkeit wie die Erde sich um ihre eigene Achse dreht.

272
00:20:18,280 --> 00:20:21,160
Einfach, aber platzraubend.

273
00:20:21,240 --> 00:20:26,040
Die modernen Alt-Azimut-Montierungen
sind weitaus kompakter.

274
00:20:26,080 --> 00:20:30,440

Auf solch einer Montierung ist das Fernrohr wie eine Kanone ausgerichtet.

275

00:20:30,480 --> 00:20:35,240

Man wählt einfach die Richtung, stellt die Höhe ein, und schon kann es losgehen.

276

00:20:35,320 --> 00:20:38,640

Das Problem ist die Nachführung der Himmelsbewegung.

277

00:20:38,720 --> 00:20:44,240

Hierzu muss das Fernrohr praktisch um beide Achsen rotieren, und das mit verschiedenen Geschwindigkeiten.

278

00:20:44,320 --> 00:20:50,720

Im Prinzip war das erst möglich, als Teleskope computergesteuert wurden.

279

00:20:50,800 --> 00:20:52,840

Der Bau einer kleinen Montierung ist billiger.

280

00:20:52,920 --> 00:20:57,520

Außerdem passt sie in eine kleinere Kuppel, was wiederum Kosten spart

281

00:20:57,600 --> 00:21:00,320

und die Bildqualität verbessert.

282

00:21:00,400 --> 00:21:03,800

Nehmen wir zum Beispiel das Keck-Zwillingsteleskop in Hawaii.

283

00:21:03,880 --> 00:21:06,600

Obwohl seine Zehn-Meter-Spiegel doppelt so groß sind wie der Spiegel

284

00:21:06,680 --> 00:21:10,440

des Hale-Teleskops, passen sie in kleinere Kuppeln

285

00:21:10,520 --> 00:21:13,240

als jenes auf Mount Palomar.

286

00:21:15,080 --> 00:21:17,440

Auch Teleskopspiegel haben eine Weiterentwicklung erfahren.

287

00:21:17,520 --> 00:21:19,120

Früher waren sie dick und schwer.

288

00:21:19,200 --> 00:21:21,840

Heutzutage sind es dünne Leichtgewichte.

289

00:21:21,920 --> 00:21:26,800

Spiegel-Rohlinge, die viele Meter Durchmesser haben können, werden in riesigen, rotierenden Öfen gegossen.

290

00:21:26,880 --> 00:21:30,320

Und doch sind sie weniger
als 20 Zentimeter dick.

291

00:21:30,400 --> 00:21:32,960

Eine ausgeklügelte Stützstruktur
verhindert, dass der dünne Spiegel

292

00:21:33,080 --> 00:21:35,200

unter seinem Eigengewicht springt.

293

00:21:35,280 --> 00:21:39,120

Zusätzlich helfen computergesteuerte
Kolben und Stellglieder, den Spiegel

294

00:21:39,200 --> 00:21:40,840

in einer perfekten Form zu halten.

295

00:21:43,400 --> 00:21:45,520

Das nennt sich aktive Optik.

296

00:21:45,600 --> 00:21:49,840

Dabei geht es darum, jede Verformung des
Hauptspiegels auszugleichen und zu korrigieren,

297

00:21:49,920 --> 00:21:54,560

die durch Schwerkraft, Wind
oder Temperaturunterschiede entsteht.

298

00:21:54,640 --> 00:21:58,240

Außerdem wiegt ein dünner
Spiegel ja viel weniger.

299

00:21:58,320 --> 00:22:01,440

Das heißt die gesamte Stützstruktur
einschließlich der Montierung

300

00:22:01,560 --> 00:22:03,440

kann um ein Vielfaches
kompakter und leichter sein.

301
00:22:03,520 --> 00:22:05,560
Und billiger!

302
00:22:05,640 --> 00:22:08,360
Das ist das
3,6-Meter-New-Technology-Teleskop,

303
00:22:08,440 --> 00:22:11,760
das in den späten achtziger Jahren
von europäischen Astronomen gebaut wurde.

304
00:22:11,840 --> 00:22:14,840
Es diente als Prüfgerät für
viele der neuen Technologien

305
00:22:14,920 --> 00:22:16,120
beim Bau von Teleskopen.

306
00:22:16,200 --> 00:22:20,960
Und sogar die Einhausung hat nichts
gemein mit herkömmlichen Fernrohrkuppeln.

307
00:22:21,080 --> 00:22:24,240
Das New-Technology-Teleskop
war ein Riesenerfolg.

308
00:22:24,320 --> 00:22:27,280
Es war an der Zeit, die
Sechs-Meter-Grenze zu brechen.

309
00:22:27,600 --> 00:22:31,400
Das Mauna-Kea-Observatorium liegt
am höchsten Punkt im Pazifik,

310
00:22:31,480 --> 00:22:34,960
4200 Meter über dem Meeresspiegel.

311
00:22:36,960 --> 00:22:41,120
Touristen genießen die Sonne und die
Meeresbrandung an den Stränden von Hawaii.

312
00:22:41,200 --> 00:22:44,520
Aber hoch über ihnen kämpfen die
Astronomen mit eisigen Temperaturen

313
00:22:44,600 --> 00:22:51,160
und der Höhenkrankheit in ihrem Streben,
die Geheimnisse des Universums zu entschlüsseln.

314

00:22:51,240 --> 00:22:54,120
Die Keck-Fernrohre gehören
zu den größten auf der Welt.

315
00:22:54,200 --> 00:22:59,120
Ihre Spiegel sind je zehn Meter
im Durchmesser und hauchdünn.

316
00:22:59,200 --> 00:23:04,040
Ähnlich den Fliesen eines Badezimmerbodens
bestehen sie aus 36 sechseckigen Teilstücken,

317
00:23:04,120 --> 00:23:07,480
jedes von ihnen gesteuert
bis zur Nanometer-Genauigkeit.

318
00:23:07,560 --> 00:23:11,200
Wahre Riesen, der
Himmelsbeobachtung gewidmet.

319
00:23:11,280 --> 00:23:14,120
Die Kathedralen der Wissenschaft.

320
00:23:14,200 --> 00:23:16,600
Einbruch der Nacht auf dem Mauna Kea.

321
00:23:16,680 --> 00:23:21,720
Die Keck-Teleskope beginnen, Photonen aus
entlegenen Regionen des Universums einzufangen.

322
00:23:21,800 --> 00:23:24,520
Ihre Doppelspiegel sind
vereint tatsächlich größer

323
00:23:24,600 --> 00:23:27,440
als alle vorhergehenden Teleskope.

324
00:23:27,520 --> 00:23:30,360
Welcher Fang wird ihnen
heute Nacht ins Netz gehen?

325
00:23:34,680 --> 00:23:39,520
Der Zusammenstoß zweier Galaxien,
Milliarden von Lichtjahre entfernt?

326
00:23:39,600 --> 00:23:45,320
Ein sterbender Stern, der seinen letzten
Atem in einen Planetarischen Nebel aushaucht?

327
00:23:45,400 --> 00:23:51,040

Oder vielleicht ein extrasolarer Planet,
der möglicherweise Leben beherbergt?

328

00:23:51,120 --> 00:23:55,920

Auf dem Cerro Paranal in der chilenischen Atacama-Wüste,
der trockensten Gegend auf der ganzen Erde,

329

00:23:55,960 --> 00:24:00,040

befindet sich die größte je
erbaute Astronomie-Maschine”::

330

00:24:00,120 --> 00:24:03,560

das europäische Very
Large Telescope.

331

00:24:16,200 --> 00:24:19,520

Tatsächlich besteht das VLT aus
vier kombinierten Teleskopen.

332

00:24:19,600 --> 00:24:22,760

Jedes verfügt über einen Spiegel
mit 8,2 Metern Durchmesser.

333

00:24:22,840 --> 00:24:24,120

Antu.

334

00:24:24,200 --> 00:24:25,240

Kueyen.

335

00:24:25,320 --> 00:24:26,320

Melipal.

336

00:24:26,400 --> 00:24:27,760

Yepun.

337

00:24:27,840 --> 00:24:33,440

Namen für Sonne, Mond, Kreuz des Südens und
Venus in der Sprache der einheimischen Mapuche.

338

00:24:33,520 --> 00:24:37,800

Die riesigen Spiegel wurden in Deutschland geschliffen, in
Frankreich poliert, mit dem Schiff nach Chile gebracht

339

00:24:37,880 --> 00:24:41,240

und schließlich langsam quer
durch die Wüste transportiert.

340

00:24:41,320 --> 00:24:44,960

Bei Sonnenuntergang öffnen sich
die Schutzbauten der Teleskope.

341
00:24:45,040 --> 00:24:48,560
Sternenlicht regnet auf
die VLT-Spiegel herab.

342
00:24:49,280 --> 00:24:52,080
Neue Entdeckungen werden gemacht.

343
00:24:55,920 --> 00:24:58,160
Ein Laser durchbohrt den Nachthimmel.

344
00:24:58,240 --> 00:25:00,680
Er projiziert 90 Kilometer
über unseren Köpfen

345
00:25:00,760 --> 00:25:03,840
einen künstliche
Stern an den Nachthimmel.

346
00:25:03,920 --> 00:25:06,920
Wellenfront-Sensoren messen
die Verformung des Sterns

347
00:25:06,960 --> 00:25:09,120
durch atmosphärische Turbulenzen.

348
00:25:09,200 --> 00:25:12,960
Dann geben schnelle Computer Anweisungen an einen
verformbaren Spiegel, wie er sich verbiegen muss,

349
00:25:13,040 --> 00:25:15,800
um die Verzerrung zu korrigieren.

350
00:25:15,880 --> 00:25:18,960
Und damit das „Zwinkern
der Sterne auszumerzen.

351
00:25:19,040 --> 00:25:22,600
Dieser große Zaubertrick
der modernen Astronomie

352
00:25:22,680 --> 00:25:24,320
nennt sich adaptive Optik.

353
00:25:24,400 --> 00:25:28,840
Ohne diese Technik würde unser Blick auf das
Universum von der Erdatmosphäre „verwischt.

354
00:25:28,920 --> 00:25:32,880

Aber mit ihrer Hilfe sind
unsere Bilder gestochen scharf.

355

00:25:35,480 --> 00:25:39,480
Das andere Stück optischer Zauberkunst
ist als Interferometrie bekannt.

356

00:25:39,560 --> 00:25:43,360
Dabei nehmen wir das Licht von
zwei getrennten Teleskopen

357

00:25:43,440 --> 00:25:46,640
und kombinieren es zu einem Bild,
wobei die Relativverschiebungen

358

00:25:46,720 --> 00:25:49,320
zwischen den
Wellenfronten erhalten bleiben.

359

00:25:49,400 --> 00:25:53,160
Wenn man dabei exakt genug vorgeht,
arbeiten die beiden Teleskope

360

00:25:53,240 --> 00:25:56,600
zusammen als wären
sie ein riesiger Spiegel

361

00:25:56,680 --> 00:25:59,920
so groß wie der Abstand
zwischen den beiden Teleskopen.

362

00:25:59,960 --> 00:26:04,040
Die Interferometrie verleiht einem Teleskop
wahrlich das Sehvermögen eines Adlers.

363

00:26:04,120 --> 00:26:07,600
Sie gestattet selbst mit kleineren Fernrohren
die Enthüllung eines Detailreichtums,

364

00:26:07,680 --> 00:26:12,440
der sonst nur mit
Großteleskopen möglich wäre.

365

00:26:12,520 --> 00:26:15,600
Die Keck-Zwillinge auf
dem Mauna Kea verbinden

366

00:26:15,680 --> 00:26:17,520
sich regelmäßig zu
einem Interferometer.

367

00:26:17,600 --> 00:26:21,440

Im Fall des VLT können alle
vier Teleskope zusammenarbeiten.

368

00:26:21,520 --> 00:26:24,760

Zusätzlich können
mehrere Kleinteleskope

369

00:26:24,840 --> 00:26:28,880

dazugeschaltet werden, um
die Sicht noch weiter zu schärfen.

370

00:26:29,840 --> 00:26:33,400

Auf der ganzen Welt gibt
es noch mehr Großteleskope.

371

00:26:33,480 --> 00:26:37,480

Subaru und Gemini
Nord auf dem Mauna Kea.

372

00:26:37,560 --> 00:26:42,240

Gemini Süd und die
Magellan-Teleskope in Chile.

373

00:26:42,320 --> 00:26:46,280

Das Große Binokular Teleskop in Arizona.

374

00:26:48,200 --> 00:26:50,800

Sie wurden an den
bestmöglichen Orten errichtet.

375

00:26:50,840 --> 00:26:53,720

Hoch oben und trocken, klar und dunkel.

376

00:26:53,840 --> 00:26:56,640

Ihre Augen sind so
groß wie Swimmingpools.

377

00:26:56,760 --> 00:27:00,400

Sie sind alle mit adaptiver
Optik ausgestattet, um

378

00:27:00,440 --> 00:27:02,080

der „Verwischung durch
atmosphärische Effekte entgegenzuwirken.

379

00:27:02,200 --> 00:27:05,960

Und dank Interferometrie haben
sie zeitweise die Sehkraft

380

00:27:06,040 --> 00:27:08,640
eines virtuellen Giganten.

381

00:27:09,680 --> 00:27:11,800
Das alles haben sie uns gezeigt:

382

00:27:11,920 --> 00:27:13,400
Planeten.

383

00:27:16,600 --> 00:27:18,240
Nebel.

384

00:27:19,360 --> 00:27:23,960
Die tatsächlichen Größen und
gequetschten Formen mancher Sterne.

385

00:27:23,960 --> 00:27:27,160
Einen kühlen Planeten, der
um einen Braunen Zwerg kreist.

386

00:27:27,200 --> 00:27:31,480
Und gigantische Sterne, die um das
Zentrum unserer Milchstraße wirbeln,

387

00:27:31,600 --> 00:27:36,720
gelenkt durch die Schwerkraft
eines supermassiven Schwarzen Lochs.

388

00:27:36,840 --> 00:27:40,400
Wir haben es weit gebracht seit
den Zeiten von Galileo Galilei.

389

00:27:40,000 --> 00:27:44,760
Kapitel 4: Vom Silber zum Silizium

390

00:27:45,840 --> 00:27:49,000
Als Galileo Galilei vor 400 Jahren anderen Menschen zeigen wollte, was er

391

00:27:49,120 --> 00:27:53,000
durch sein Teleskop sah, musste er Zeichnungen anfertigen.

392

00:27:53,120 --> 00:27:56,240
Das pockennarbige Gesicht des Mondes.

393

00:27:56,360 --> 00:28:00,400
Der Tanz der Jupitertrabanten.

394

00:28:00,520 --> 00:28:02,160

Sonnenflecken.

395

00:28:02,280 --> 00:28:04,160

Oder die Sterne im Orion.

396

00:28:04,280 --> 00:28:06,720

Er nahm seine Zeichnungen und veröffentlichte sie in einem kleinen Buch

397

00:28:06,760 --> 00:28:08,400

mit dem Titel "Der Sternenbote".

398

00:28:08,440 --> 00:28:10,800

Das war der einzige Weg, seine Entdeckungen

399

00:28:10,920 --> 00:28:12,400

mit anderen zu teilen.

400

00:28:12,440 --> 00:28:16,640

Mehr als zwei weitere Jahrhunderte lang mussten Astronomen auch Künstler sein.

401

00:28:16,760 --> 00:28:19,000

Während sie durch ihre Okulare spähten, fertigten sie detaillierte

402

00:28:19,120 --> 00:28:20,960

Zeichnungen von dem an, was sie erblickten.

403

00:28:21,040 --> 00:28:23,080

Die kahle Landschaft des Mondes.

404

00:28:23,200 --> 00:28:25,960

Ein Sturm in der Jupiteratmosphäre.

405

00:28:26,040 --> 00:28:29,000

Der zarte Gasschleier in einem fernen Nebel.

406

00:28:29,120 --> 00:28:32,320

Und manchmal überinterpretierten sie, was sie sahen.

407

00:28:32,440 --> 00:28:36,560

Dunkle, schnurgerade Gebilde auf der Oberfläche des Mars wurden für Kanäle gehalten,

408

00:28:36,680 --> 00:28:39,880

die zivilisiertes Leben auf der Oberfläche des roten Planeten nahe legten.

409

00:28:39,960 --> 00:28:43,480

Heute wissen wir, dass die Kanäle eine optische Täuschung waren.

410

00:28:43,600 --> 00:28:47,160

Was Astronomen wirklich benötigten, war ein objektives Aufzeichnungsverfahren

411

00:28:47,280 --> 00:28:51,480

für das von den Teleskopen gesammelte Licht, ohne dass die Information erst

412

00:28:51,520 --> 00:28:54,480

durch ihre Gehirne und dann in die Zeichenstifte wandern musste.

413

00:28:54,600 --> 00:28:57,400

Fotografie war die Rettung.

414

00:28:58,760 --> 00:29:01,160

Die erste Daguerreotypie des Mondes.

415

00:29:01,200 --> 00:29:03,880

Sie wurde 1840 von Henry Draper hergestellt.

416

00:29:03,920 --> 00:29:07,240

Die Fotografie war weniger als 15 Jahre alt, aber die Astronomen

417

00:29:07,360 --> 00:29:10,880

hatten bereits ihre revolutionären Möglichkeiten erkannt.

418

00:29:10,920 --> 00:29:13,080

Aber wie funktionierte die Fotografie?

419

00:29:13,120 --> 00:29:17,160

Die empfindliche Beschichtung einer fotografischen Platte enthält

420

00:29:17,280 --> 00:29:19,400

kleine Körnchen aus Silberhalogeniden.

421

00:29:19,440 --> 00:29:22,160

Setzt man sie dem Licht aus, werden sie dunkel.

422

00:29:22,200 --> 00:29:24,800

Das Ergebnis war ein Negativbild des Himmels

423

00:29:24,920 --> 00:29:28,080

mit dunklen Sternen auf hellem Hintergrund.

424

00:29:28,200 --> 00:29:31,560

Der entscheidende Vorteil war jedoch, dass eine fotografische Platte

425

00:29:31,680 --> 00:29:33,960

stundenlang belichtet werden konnte.

426

00:29:34,040 --> 00:29:36,720

Wenn Sie den Nachthimmel mit Ihren eigenen Augen betrachten,

427

00:29:36,760 --> 00:29:39,640

werden Sie auch nach Gewöhnung an die Dunkelheit nicht mehr und mehr Sterne sehen

428

00:29:39,680 --> 00:29:42,320

nur weil sie länger hinschauen.

429

00:29:42,440 --> 00:29:45,240

Aber genau das können Sie mit einer fotografischen Platte erreichen.

430

00:29:45,360 --> 00:29:48,480

Sie können das Licht über Stunden sammeln und aufaddieren.

431

00:29:48,600 --> 00:29:52,880

Das heißt, längere Belichtung enthüllt mehr und mehr Sterne.

432

00:29:52,920 --> 00:29:54,160

Und mehr.

433

00:29:54,200 --> 00:29:55,240

Und mehr.

434

00:29:55,360 --> 00:29:57,320

Und noch einige.

435

00:29:58,360 --> 00:30:02,000

In den 1950er Jahren wurde das Schmidt-Teleskop am Palomar-Observatorium verwendet,

436

00:30:02,120 --> 00:30:05,160

um den gesamten Nordhimmel abzulichten.

437

00:30:05,280 --> 00:30:10,080

Das ergab fast 2.000 fotografische Platten, jede annähernd eine Stunde lang belichtet.

438

00:30:10,120 --> 00:30:12,960

Eine Fundgrube für Entdeckungen.

439

00:30:12,960 --> 00:30:17,080

Fotografie hatte die beobachtende Astronomie zu einer echten Wissenschaft gemacht.

440

00:30:17,200 --> 00:30:21,480

Objektivierbar, messbar und reproduzierbar.

441

00:30:21,600 --> 00:30:23,240

Aber Silber war langsam.

442

00:30:23,280 --> 00:30:25,480

Man brauchte Geduld.

443

00:30:27,120 --> 00:30:29,880

Das änderte sich durch die digitale Revolution.

444

00:30:29,920 --> 00:30:31,640

Silizium ersetzte Silber.

445

00:30:31,760 --> 00:30:34,480

Pixel ersetzten Körner.

446

00:30:36,360 --> 00:30:40,000

Nicht einmal mehr in der Massenproduktion wird in Kameras fotografischer Film verwendet.

447

00:30:40,120 --> 00:30:43,560

Stattdessen werden Bilder auf lichtempfindlichen Chips

448

00:30:43,600 --> 00:30:47,800

sogenannten CCDs, aufgezeichnet.

449

00:30:47,920 --> 00:30:51,560

Professionelle CCDs sind extrem effizient.

450

00:30:51,680 --> 00:30:54,640

Und um sie noch empfindlicher zu machen, werden sie mit Hilfe von flüssigem Stickstoff

451

00:30:54,680 --> 00:30:57,960

weit unter den Gefrierpunkt heruntergekühlt.

452

00:30:58,040 --> 00:31:00,720

Nahezu jedes Photon wird registriert.

453

00:31:00,760 --> 00:31:05,640

Die Belichtungszeiten können folge dessen viel kürzer sein.

454

00:31:05,760 --> 00:31:09,480

Was bei der Himmelsdurchmusterung des Palomar-Observatoriums in einer Stunde erreicht wurde

455

00:31:09,600 --> 00:31:13,160

leistet eine CCD heute in wenigen Minuten.

456

00:31:13,200 --> 00:31:15,560

Mit einem kleineren Teleskop.

457

00:31:15,600 --> 00:31:18,080
Die Silizium-Revolution ist längst nicht zu Ende.

458
00:31:18,200 --> 00:31:21,080
Astronomen haben gewaltige CCD-Kameras mit

459
00:31:21,200 --> 00:31:23,560
mehreren hundert Millionen Pixeln gebaut.

460
00:31:23,600 --> 00:31:26,320
Und es kommt noch mehr.

461
00:31:28,120 --> 00:31:32,560
Der große Vorteil digitaler Bilder ist nun einmal, dass sie digital sind.

462
00:31:32,600 --> 00:31:35,800
Sie können alle mit Computern verarbeitet werden.

463
00:31:35,840 --> 00:31:38,800
Astronomen benutzen spezielle Software, um

464
00:31:38,840 --> 00:31:40,880
ihre Himmelsbeobachtungen zu bearbeiten.

465
00:31:40,880 --> 00:31:45,080
Streckung oder Kontrastverstärkung enthüllen die schwächsten Besonderheiten

466
00:31:45,200 --> 00:31:47,640
von Nebeln und Galaxien.

467
00:31:47,760 --> 00:31:51,240
Farbkodierung verstärkt und lässt Strukturen hervortreten

468
00:31:51,280 --> 00:31:53,640
die sonst nur schwer zu erkennen wären.

469
00:31:53,680 --> 00:31:57,880
Außerdem kann man durch Kombination mehrerer Bilder des gleichen Objekts, die

470
00:31:57,920 --> 00:32:00,400
mit verschiedenen Farbfiltern aufgenommen worden sind,

471
00:32:00,520 --> 00:32:04,320
spektakuläre Bildkompositionen schaffen, die die Grenze

472
00:32:04,440 --> 00:32:06,720
zwischen Wissenschaft und Kunst verwischen.

473

00:32:06,840 --> 00:32:09,880

Auch Sie können von der digitalen Astronomie profitieren.

474

00:32:09,960 --> 00:32:13,960

Noch nie war es so einfach, an die wunderbaren

475

00:32:13,960 --> 00:32:15,800

Bilder des Kosmos zu gelangen und sie zu genießen.

476

00:32:15,920 --> 00:32:20,080

Bilder des Universums sind immer nur einen Mausklick entfernt!

477

00:32:20,680 --> 00:32:24,160

Robotische Teleskope, ausgestattet mit empfindlichen elektronischen Empfängern

478

00:32:24,280 --> 00:32:27,800

überwachen den Himmel jetzt in diesem Moment.

479

00:32:27,920 --> 00:32:30,880

Das Sloan-Teleskop in New Mexico hat über hundert Millionen Himmelobjekte

480

00:32:30,960 --> 00:32:34,000

fotografiert und katalogisiert,

481

00:32:34,120 --> 00:32:38,160

die Entfernungen zu einer Million Galaxien vermessen

482

00:32:38,280 --> 00:32:41,480

und hunderttausend bislang unbekannte Quasare entdeckt.

483

00:32:41,520 --> 00:32:44,000

Aber eine Himmelsdurchmusterung ist nicht genug.

484

00:32:44,120 --> 00:32:47,400

Das Universum ist ständig im Wandel.

485

00:32:47,520 --> 00:32:51,240

Eisige Kometen kommen und gehen, während sie Bruchstücke

486

00:32:51,280 --> 00:32:53,640

in ihrem Kielwasser hinterlassen.

487

00:32:53,760 --> 00:32:56,720

Asteroiden schwirren vorbei.

488

00:32:56,840 --> 00:33:00,560

Entfernte Planeten umkreisen ihre Muttersterne, wobei sie zeitweise

489

00:33:00,680 --> 00:33:02,880

Teile des Sternlichtes abschatten.

490

00:33:02,960 --> 00:33:08,800

Supernovae explodieren, während anderswo neue Sterne geboren werden.

491

00:33:08,840 --> 00:33:17,960

Pulsare blitzen auf, Gammastrahlen-Ausbrüche zünden, Schwarze Löcher wachsen.

492

00:33:18,040 --> 00:33:21,720

Um dieses großartige Schauspiel der Natur zu verfolgen, wollen Astronomen

493

00:33:21,840 --> 00:33:25,240

jährlich Gesamthimmelsdurchmusterungen durchführen.

494

00:33:25,360 --> 00:33:26,840

Oder monatlich.

495

00:33:26,920 --> 00:33:28,640

Oder zwei Mal pro Woche.

496

00:33:28,680 --> 00:33:33,800

Das ist zumindest das ehrgeizige Ziel des Large Synoptic Survey Telescope.

497

00:33:33,920 --> 00:33:39,400

Wenn dieses 2015 fertig gestellt ist, wird seine Drei-Gigapixel-Kamera

498

00:33:39,440 --> 00:33:42,080

ein Webcam-Fenster ins Universum eröffnen.

499

00:33:42,200 --> 00:33:45,960

Alle drei Nächte wird dieses Reflektorteleskop nahezu den gesamten

500

00:33:46,040 --> 00:33:51,080

Himmel fotografieren und so die Träume der Astronomen übertreffen.

501

00:33:56,000 --> 00:34:00,760

5. Das Unsichtbare sichtbar machen

502

00:34:02,360 --> 00:34:05,080

Wenn Sie sich Ihr Lieblings-Musikstück
anhören, empfangen Ihre Ohren

503

00:34:05,160 --> 00:34:08,800

ein sehr breites Spektrum an
Frequenzen, von den tiefsten Basstönen

504

00:34:08,920 --> 00:34:12,120

bis hin zu den höchsten Vibrationen.

505

00:34:12,200 --> 00:34:14,960

Nun stellen Sie sich vor, Ihr Gehör wäre
nur für einen sehr begrenzten Bereich

506

00:34:15,360 --> 00:34:16,920

an Frequenzen empfindlich.

507

00:34:16,960 --> 00:34:19,520

Sie würden wahrscheinlich
das Beste verpassen!

508

00:34:19,600 --> 00:34:23,000

Aber so sieht im Grunde die
Situation der Astronomen aus.

509

00:34:23,080 --> 00:34:26,160

Unsere Augen sind nur für
einen ganz kleinen Bereich

510

00:34:26,240 --> 00:34:29,000

von Lichtfrequenzen
empfindlich: Sichtbares Licht.

511

00:34:29,080 --> 00:34:31,560

Wir sind jedoch komplett blind
gegenüber allen anderen Arten von

512

00:34:31,640 --> 00:34:33,600

elektromagnetischer Strahlung.

513

00:34:33,680 --> 00:34:36,640

Im Kosmos gibt es jedoch
viele Objekte, die

514

00:34:36,720 --> 00:34:39,960

in anderen Bereichen des
elektromagnetischen Spektrums strahlen.

515

00:34:40,040 --> 00:34:43,760

Zum Beispiel wurde in den 1930er
Jahren durch Zufall entdeckt,

516

00:34:43,840 --> 00:34:47,240

dass aus den Tiefen des
Weltalls Radiowellen kommen.

517

00:34:47,320 --> 00:34:49,960
Einige dieser Wellen haben
dieselbe Frequenz wie Ihr Lieblings-

518
00:34:50,040 --> 00:34:53,160
Radiosender. Sie sind aber
schwächer und natürlich gibt es

519
00:34:53,240 --> 00:34:55,280
hier nichts zu hören.

520
00:34:56,520 --> 00:34:59,960
Um auf Empfang für das "Radiouniversum"
zu gehen, braucht man zunächst

521
00:35:00,040 --> 00:35:02,560
das passende Empfangsgerät:
ein Radioteleskop.

522
00:35:02,680 --> 00:35:06,960
Für nahezu alle Wellenlängen außer für die längsten
ist ein Radioteleskop zunächst einfach eine Schüssel.

523
00:35:07,040 --> 00:35:10,080
Sehr ähnlich dem Hauptspiegel
eines optischen Teleskops.

524
00:35:10,200 --> 00:35:14,400
Da Radiowellen jedoch sehr viel länger
sind als sichtbare Lichtwellen,

525
00:35:14,440 --> 00:35:17,240
muss die Oberfläche der Schüssel
bei Weitem nicht so glatt sein

526
00:35:17,360 --> 00:35:19,000
wie die Oberfläche eines Spiegels.

527
00:35:19,120 --> 00:35:21,640
Deshalb ist es so viel
einfacher, ein großes

528
00:35:21,680 --> 00:35:26,800
Radioteleskop zu bauen als
ein großes optisches Teleskop.

529
00:35:26,840 --> 00:35:30,960
Noch dazu ist es im Radiowellenbereich
viel leichter, Interferometrie zu betreiben.

530

00:35:30,960 --> 00:35:34,080
Dies bedeutet, die Detailgenauigkeit
der Beobachtung zu erhöhen,

531
00:35:34,120 --> 00:35:37,960
indem man das Licht von zwei
Einzelteleskopen kombiniert,

532
00:35:38,040 --> 00:35:41,560
als ob sie Teil einer einzigen
gigantischen Schüssel wären.

533
00:35:41,600 --> 00:35:44,640
Das "Very Large Array" in New
Mexico zum Beispiel besteht aus

534
00:35:44,680 --> 00:35:49,720
27 Einzelantennen, von denen
jede 25 Meter im Durchmesser misst.

535
00:35:49,760 --> 00:35:52,960
Jede Antenne kanneinzeln bewegt
und ausgerichtet werden, und in

536
00:35:53,040 --> 00:35:56,400
ihrer größtmöglichen Konfiguration
hat die durch das Array erzeugte

537
00:35:56,520 --> 00:36:00,800
virtuelle Schüssel einen
Durchmesser von 36 Kilometern.

538
00:36:00,920 --> 00:36:03,560
Wie sieht das Universum
im Radiobereich aus?

539
00:36:03,680 --> 00:36:08,000
Unsere Sonne scheint sehr
hell im Radiowellenbereich.

540
00:36:08,120 --> 00:36:10,720
Genauso verhält es sich mit dem Zentrum
unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße.

541
00:36:10,760 --> 00:36:12,400
Aber es gibt noch mehr.

542
00:36:12,520 --> 00:36:16,480
Pulsare zum Beispiel sind äußerst
kompakte "Sternleichen", die Radiowellen

543

00:36:16,520 --> 00:36:18,640
in einem eng fokussierten
Strahlenbündel aussenden.

544

00:36:18,680 --> 00:36:21,800
Gleichzeitig rotieren sie mit
Geschwindigkeiten von bis zu mehreren Hundert

545

00:36:21,840 --> 00:36:23,720
Umdrehungen pro Sekunde
um die eigene Achse.

546

00:36:23,760 --> 00:36:27,800
Ein Pulsar erscheint uns daher wie
ein rotierender Radio-Leuchtturm.

547

00:36:27,920 --> 00:36:31,320
Und was wir von ihnen sehen, ist
eine sehr regelmäßige und schnelle

548

00:36:31,360 --> 00:36:34,320
Abfolge von sehr kurzen Radiopulsen.

549

00:36:34,440 --> 00:36:36,640
Daher auch der Name.

550

00:36:36,680 --> 00:36:39,320
Die als Cassiopeia A bekannte
Radioquelle ist tatsächlich

551

00:36:39,440 --> 00:36:43,640
der Rest einer Supernova, die
im 17. Jahrhundert explodiert ist.

552

00:36:43,680 --> 00:36:48,240
Centaurus A, Cygnus A und Virgo A
sind alles gigantische Galaxien, die

553

00:36:48,280 --> 00:36:50,640
riesige Mengen an
Radiowellen abstrahlen.

554

00:36:50,680 --> 00:36:55,960
Jede Galaxie wird durch ein massereiches
Schwarzes Loch in ihrem Zentrum befeuert.

555

00:36:56,040 --> 00:37:00,000
Einige dieser Radiogalaxien und
Quasare sind so leuchtstark, dass

556

00:37:00,120 --> 00:37:05,320

ihre Signale noch aus einer Entfernung von zehn Milliarden Lichtjahren ausgespürt werden können.

557

00:37:05,360 --> 00:37:08,880

Außerdem gibt es noch ein schwaches, relativ kurzweiliges Rauschen im Radiobereich,

558

00:37:08,960 --> 00:37:11,320

welches das gesamte Universum ausfüllt.

559

00:37:11,360 --> 00:37:14,160

Dieses ist als Kosmische Hintergrundstrahlung bekannt

560

00:37:14,200 --> 00:37:16,400

und ist das Echo des Urknalls.

561

00:37:16,440 --> 00:37:20,560

Der Nachhall der heißen Startphase des frühen Universums.

562

00:37:22,120 --> 00:37:26,400

Jeder einzelne Teil des Spektrums hat eine eigene Geschichte zu erzählen.

563

00:37:26,440 --> 00:37:29,960

In Millimeter- und Submillimeter-Wellenlängenbereich erforschen Astronomen

564

00:37:29,960 --> 00:37:33,080

die Bildung von Galaxien im jungen Universum und den Ursprung

565

00:37:33,200 --> 00:37:37,240

von Sternen und Planeten in unserer Milchstraße.

566

00:37:37,280 --> 00:37:41,400

Ein Großteil dieser Strahlung wird jedoch durch den Wasserdampf unserer Atmosphäre abgeblockt.

567

00:37:41,520 --> 00:37:44,400

Um sie zu beobachten, muss man in die Höhe und ins Trockene gelangen.

568

00:37:44,440 --> 00:37:47,320

Zum Beispiel nach Llano de Chajnantor.

569

00:37:47,440 --> 00:37:50,960

Fünf Kilometer über dem Meeresspiegel
ist dieses surrealistische Plateau

570

00:37:50,960 --> 00:37:53,960

in Nord-Chile der
Entstehungsort von ALMA:

571

00:37:54,040 --> 00:37:56,880

dem "Atacama Large Millimeter Array".

572

00:37:56,920 --> 00:38:01,880

Bei seiner Fertigstellung im Jahr 2014
wird ALMA das größte astronomische

573

00:38:01,920 --> 00:38:04,320

Observatorium sein,
das je gebaut wurde.

574

00:38:04,840 --> 00:38:09,960

64 Antennen, jede einzelne 100 Tonnen
schwer, werden im Einklang arbeiten.

575

00:38:09,960 --> 00:38:13,880

Riesige Transporter werden sie über eine
Fläche so groß wie London ausfahren, um

576

00:38:13,960 --> 00:38:16,800

detaillierte Bilder zu erzeugen,
oder sie eng zusammenbringen, um

577

00:38:16,880 --> 00:38:19,000

einen ausgedehnteren
Blick zu erhalten.

578

00:38:19,120 --> 00:38:23,240

Jede Bewegung wird mit
millimetergenauer Präzision erfolgen.

579

00:38:24,680 --> 00:38:28,160

Viele Objekte im Universum
leuchten auch im Infraroten.

580

00:38:28,280 --> 00:38:31,960

Ursprünglich durch William Herschel entdeckt,
wird die Infrarot-Strahlung oft auch

581

00:38:32,040 --> 00:38:36,720

"Wärmestrahlung" genannt, weil sie von allen
relative warmen Objekten emittiert wird,

582

00:38:36,760 --> 00:38:39,080

auch von uns Menschen.

583

00:38:41,840 --> 00:38:45,240

Sie sind wahrscheinlich mit der Infrarot-Strahlung
besser vertraut, als Sie annehmen.

584

00:38:45,360 --> 00:38:48,240

Denn auf der Erde wird
diese Art Strahlung für

585

00:38:48,360 --> 00:38:51,160

Nachtsichtgeräte und Kameras genutzt.

586

00:38:51,280 --> 00:38:55,160

Um die schwache Infrarot-Strahlung von entfernten
Objekten aufzuspüren, brauchen Astronomen allerdings

587

00:38:55,280 --> 00:38:58,960

sehr empfindliche Detektoren,
die auf nur wenige Grad

588

00:38:59,040 --> 00:39:04,000

über dem absoluten Nullpunkt gekühlt werden,
um ihre eigene Wärmestrahlung zu unterdrücken.

589

00:39:06,920 --> 00:39:11,720

Heute sind die meisten großen optischen
Teleskope auch mit Infrarot-Kameras ausgestattet.

590

00:39:11,760 --> 00:39:15,320

Sie erlauben uns, durch kosmische Gaswolken
einfach hindurch zu schauen und enthüllen

591

00:39:15,440 --> 00:39:20,240

neu geborene Sterne in ihrem Inneren, etwas,
das im Optischen nicht beobachtet werden kann.

592

00:39:20,280 --> 00:39:25,080

Schauen Sie sich zum Beispiel dieses optische Bild
der berühmten Sternentstehungsregion im Orion-Nebel an.

593

00:39:25,200 --> 00:39:27,400

Und sehen Sie, wie anders
es durch die Augen

594

00:39:27,520 --> 00:39:30,080

einer Infrarot-Kamera aussieht!

595

00:39:30,200 --> 00:39:33,320

Im Infraroten wahrnehmen zu können
ist auch sehr hilfreich, wenn man

596

00:39:33,360 --> 00:39:35,960

die am weitesten von uns
entfernten Galaxien untersucht.

597

00:39:35,960 --> 00:39:41,000

Die neugeborenen Sterne in einer jungen
Galaxie leuchten sehr hell im Ultraviolett.

598

00:39:41,120 --> 00:39:45,000

Dieses ultraviolette Licht muss dann allerdings
erst einmal Milliarden Lichtjahre durch

599

00:39:45,120 --> 00:39:46,640

das sich ausdehnende
Universum reisen.

600

00:39:46,760 --> 00:39:50,560

Die Expansion zieht die Lichtwellen so sehr in
die Länge, dass sie, wenn wir sie empfangen,

601

00:39:50,600 --> 00:39:55,240

bereits komplett in den
Nah-Infrarot-Bereich verschoben sind.

602

00:39:56,600 --> 00:40:00,240

Dieses schicke Instrument ist
das MAGIC-Teleskop auf La Palma.

603

00:40:00,360 --> 00:40:02,960

Es sucht den Himmel nach
Kosmischen Gammastrahlen ab,

604

00:40:02,960 --> 00:40:06,800

der energiereichste
Strahlung in der Natur.

605

00:40:08,360 --> 00:40:10,960

Glücklicherweise wird diese
tödliche Gammastrahlung durch die

606

00:40:10,960 --> 00:40:12,320

Erdatmosphäre abgehalten.

607

00:40:12,360 --> 00:40:16,000

Aber sie lässt dabei Fingerabdrücke
zurück, welche die Astronomen erforschen.

608

00:40:16,120 --> 00:40:19,000

Nachdem die Gammastrahlen die Atmosphäre treffen, produzieren sie Kaskaden

609

00:40:19,120 --> 00:40:20,640

hochenergetischer Teilchen.

610

00:40:20,760 --> 00:40:25,320

Diese erzeugen dann ein schwaches Leuchten, das MAGIC sehen kann.

611

00:40:26,920 --> 00:40:30,640

Und hier sehen Sie das "Pierre Auger"-Observatorium in Argentinien.

612

00:40:30,680 --> 00:40:33,080

Es sieht nicht einmal wie ein Teleskop aus.

613

00:40:33,120 --> 00:40:38,960

"Pierre Auger" besteht aus 1.600 Detektoren, verteilt über 3.000

614

00:40:38,960 --> 00:40:40,240

Quadratkilometer.

615

00:40:40,360 --> 00:40:44,560

Sie fangen die Sekundärteilchen von Kosmischen Strahlen von entfernten Supernovae

616

00:40:44,600 --> 00:40:46,480

und von Schwarzen Löchern ein.

617

00:40:47,680 --> 00:40:52,400

Und was ist mit Neutrinodetektoren, die in tiefen Minen oder unter der

618

00:40:52,520 --> 00:40:55,720

Wasseroberfläche des Ozeans oder im Antarktischen Eis errichtet werden?

619

00:40:55,840 --> 00:40:57,880

Könnte man sie auch Teleskope nennen?

620

00:40:57,960 --> 00:40:59,400

Ja, warum nicht?

621

00:40:59,520 --> 00:41:03,800

Schließlich beobachten sie das Universum,
selbst wenn sie keine Daten des

622

00:41:03,840 --> 00:41:06,080
elektromagnetischen
Spektrums einfangen.

623

00:41:06,120 --> 00:41:09,880
Neutrinos sind schwer fassbare Teilchen,
die in der Sonne produziert werden

624

00:41:09,960 --> 00:41:12,240
so wie auch bei
Supernova-Explosionen.

625

00:41:12,360 --> 00:41:15,800
Sie wurden sogar vom
Urknall selbst produziert.

626

00:41:15,920 --> 00:41:20,640
Im Gegensatz zu anderen elementaren Teilchen
können Neutrinos sich durch normale

627

00:41:20,680 --> 00:41:25,640
Materie hindurch bewegen, fast Lichtgeschwindigkeit
erreichen, und sie haben keine elektrische Ladung.

628

00:41:25,760 --> 00:41:30,240
Obwohl diese Teilchen schwer zu erforschen
sind, sind sie reichlich vorhanden.

629

00:41:30,280 --> 00:41:34,160
Jede Sekunde werden Sie von mehr als 50
Billionen Elektron-Neutrinos von der Sonne

630

00:41:34,200 --> 00:41:36,560
bombardiert.

631

00:41:36,680 --> 00:41:40,800
Schließlich haben Astronomen und Physiker
mit vereinten Kräften begonnen,

632

00:41:40,920 --> 00:41:42,640
Gravitationswellendetektoren
zu bauen.

633

00:41:42,680 --> 00:41:46,640
Diese "Teleskope" beobachten weder
Strahlung noch fangen sie Teilchen ein.

634

00:41:46,680 --> 00:41:51,240
Stattdessen messen sie die kleinen
Verzerrungen in der Struktur der Raumzeit -

635
00:41:51,280 --> 00:41:56,960
ein von Albert Einstein's
Relativitätstheorie vorhergesagtes Konzept.

636
00:41:57,040 --> 00:42:01,160
Mit einer erstaunlichen Vielfalt von
Instrumenten haben Astronomen uns

637
00:42:01,200 --> 00:42:06,960
das volle Spektrum elektromagnetischer Strahlung
eröffnet und sich sogar darüber hinaus gewagt.

638
00:42:07,040 --> 00:42:11,240
Aber manche Beobachtungen können einfach
nicht vom Boden aus durchgeführt werden.

639
00:42:11,280 --> 00:42:12,800
Die Antwort?

640
00:42:12,920 --> 00:42:15,240
Weltraumteleskope.

641
00:42:22,000 --> 00:42:26,560
Kapitel 6: Jenseits der Erde

642
00:42:28,560 --> 00:42:30,400
Das Hubble-Weltraumteleskop.

643
00:42:30,480 --> 00:42:33,360
Es ist das bei weitem berühmteste Teleskop aller Zeiten.

644
00:42:33,440 --> 00:42:34,800
Und das aus gutem Grund.

645
00:42:34,880 --> 00:42:38,560
Hubble hat so viele Bereiche der Astronomie revolutioniert.

646
00:42:38,640 --> 00:42:42,040
Nach heutigen Standards ist der Spiegel von Hubble eigentlich recht klein.

647
00:42:42,120 --> 00:42:45,040
Er durchmisst nur etwa 2,4 Meter.

648
00:42:45,120 --> 00:42:48,640
Aber seine Lage ist - im wörtlichen Sinne - überirdisch.

649

00:42:48,720 --> 00:42:52,360

Hoch über den verzerrenden Effekten der Atmosphäre hat es eine außerordentlich

650

00:42:52,440 --> 00:42:54,600

scharfe Sicht auf das Universum.

651

00:42:54,680 --> 00:42:59,360

Außerdem kann Hubble auch Ultraviolett- und nahes Infrarot-Licht sehen.

652

00:42:59,440 --> 00:43:02,480

Dieses Licht ist für bodengebundene Teleskope einfach unsichtbar, weil

653

00:43:02,560 --> 00:43:05,880

es von der Atmosphäre abgeschirmt wird.

654

00:43:05,960 --> 00:43:09,880

Kameras und Spektrographen, manche so groß wie eine Telefonzelle

655

00:43:09,960 --> 00:43:14,600

zerlegen und registrieren das Licht von entfernten kosmischen Ufern.

656

00:43:14,680 --> 00:43:19,320

Wie jedes bodengebundene Teleskop wird auch Hubble von Zeit zu Zeit aufgerüstet.

657

00:43:19,400 --> 00:43:22,760

Astronauten führen auf Weltraumspaziergängen die Wartungs-Arbeiten durch.

658

00:43:22,840 --> 00:43:24,440

Beschädigte Elemente werden in Stand gesetzt.

659

00:43:24,520 --> 00:43:27,000

Und ältere Instrumente werden gegen neuere

660

00:43:27,080 --> 00:43:29,800

mit modernster Technologie ausgetauscht.

661

00:43:29,880 --> 00:43:33,280

Hubble ist die treibende Kraft in der beobachtenden Astronomie geworden.

662

00:43:33,360 --> 00:43:37,240

Und es hat unser Verständnis des Kosmos gewandelt.

663

00:43:39,840 --> 00:43:44,800

Mit seinen scharfen Weltraumaugen beobachtete Hubble jahreszeitliche Veränderungen auf dem Mars

664

00:43:45,920 --> 00:43:48,800
einen Kometen-Einschlag auf dem Jupiter

665
00:43:50,520 --> 00:43:53,880
eine Seiten-Ansicht der Saturnringe

666
00:43:56,920 --> 00:44:00,400
und sogar die Oberfläche des winzigen Pluto.

667
00:44:00,480 --> 00:44:06,320
Es enthüllte den Lebenszyklus der Sterne, von ihrer Geburt und ihren frühesten Lebensjahren

668
00:44:06,600 --> 00:44:12,560
in einer Kinderkrippe ausstaubhaltiger Gaswolken, bis hin zu ihrem letzten Abschied:

669
00:44:12,640 --> 00:44:17,800
als zarte Nebel, langsam von sterbenden Sternen ins All geblasen

670
00:44:17,920 --> 00:44:24,960
oder als gigantische Supernova-Explosionen, die fast ihre Heimat-Galaxie überstrahlen.

671
00:44:25,040 --> 00:44:28,960
Tief im Orion-Nebel sah Hubble sogar die Brutstätten neuer

672
00:44:29,040 --> 00:44:34,080
Sonnensysteme: Staubige Scheiben um neugeborene Sterne, die vielleicht bald

673
00:44:34,120 --> 00:44:36,080
zu Planeten kondensieren.

674
00:44:36,200 --> 00:44:40,320
Das Weltraumteleskop studierte mehrere tausend Einzelsterne in riesigen

675
00:44:40,440 --> 00:44:45,960
Kugelsternhaufen, den ältesten Sternenfamilien des Universums.

676
00:44:46,040 --> 00:44:48,320
Und natürlich Galaxien.

677
00:44:48,440 --> 00:44:51,960
Nie zuvor hatten Astronomen so viele Details gesehen.

678
00:44:51,960 --> 00:44:58,800
Majestätische Spiralen, absorbierende Staub-Bänder, heftige Kollisionen.

679
00:45:01,040 --> 00:45:05,480
Extrem lange Belichtungen leerer Himmelsbereiche offenbarten

680

00:45:05,520 --> 00:45:10,080

tausende lichtschwache Galaxien, Milliarden Lichtjahre weit entfernt.

681

00:45:10,120 --> 00:45:13,960

Photonen, die ausgesandt wurden, als der Universum noch jung war.

682

00:45:14,040 --> 00:45:18,400

Ein Fenster in die ferne Vergangenheit, das neuen Aufschluss gibt über den

683

00:45:18,440 --> 00:45:21,560

sich ewig wandelnden Kosmos.

684

00:45:22,200 --> 00:45:24,880

Hubble ist nicht das einzige Teleskop im All.

685

00:45:24,920 --> 00:45:29,800

Dies ist das Spitzer-Weltraumteleskop der NASA, gestartet im August 2003.

686

00:45:29,920 --> 00:45:33,720

Es ist gewissermaßen Hubbles Äquivalent für das Infrarote.

687

00:45:33,760 --> 00:45:37,960

Spitzer hat einen Spiegel, der nur 85 Zentimeter durchmisst.

688

00:45:37,960 --> 00:45:41,080

Aber das Teleskop versteckt sich hinter einem Hitze-Schild, der es

689

00:45:41,200 --> 00:45:42,480

vor der Sonne schützt.

690

00:45:42,520 --> 00:45:47,160

Und seine Empfänger sind in einen Dewar gebettet, der mit flüssigem Helium gefüllt ist.

691

00:45:47,200 --> 00:45:50,080

Hier werden die Empfänger auf nur ein paar Grad über dem

692

00:45:50,200 --> 00:45:51,800

absoluten Nullpunkt heruntergekühlt.

693

00:45:51,920 --> 00:45:55,560

So werden sie extrem empfindlich.

694

00:45:55,680 --> 00:45:58,720

Spitzer hat ein staubiges Universum offenbart.

695

00:45:58,760 --> 00:46:02,560

Dunkle, undurchsichtige Staubwolken glühen im Infraroten, wenn sie

696

00:46:02,680 --> 00:46:04,560
von Innen erhitzt werden.

697

00:46:04,600 --> 00:46:08,720
Stoßwellen galaktischer Kollisionen fegen den Staub zu auffälligen Ringen

698

00:46:08,760 --> 00:46:13,480
und Gezeiten-Strukturen zusammen, neuen Orten allgegenwärtiger Sternentstehung.

699

00:46:15,520 --> 00:46:19,080
Staub entsteht auch im Nachspiel eines Sternentods.

700

00:46:19,200 --> 00:46:23,080
Spitzer hat entdeckt, dass Planetarische Nebel und Supernova-Überreste

701

00:46:23,200 --> 00:46:28,320
voller Staubpartikel sind, als Bausteine eine Voraussetzung für zukünftige Planeten.

702

00:46:28,440 --> 00:46:32,080
In anderen Infrarot-Wellenlängen kann Spitzer mitten durch eine Staubwolke hindurch sehen

703

00:46:32,200 --> 00:46:37,720
und die in ihren dunklen Kernen verborgenen Sterne offenbaren.

704

00:46:37,840 --> 00:46:40,960
Schließlich haben die Spektrographen des Teleskops

705

00:46:40,960 --> 00:46:44,880
die Atmosphären extrasolarer Planeten studiert – Gasriesen wie Jupiter,

706

00:46:44,920 --> 00:46:48,880
die in nur wenigen Tagen um ihren Heimatstern herum rasen.

707

00:46:50,680 --> 00:46:52,880
Und was ist mit Röntgen- und Gammastrahlung?

708

00:46:52,920 --> 00:46:55,560
Diese werden vollständig von der Erdatmosphäre abgeblockt.

709

00:46:55,680 --> 00:46:59,160
Ohne Weltraumteleskope wären die Astronomen deshalb völlig blind

710

00:46:59,200 --> 00:47:02,080
für diese energiereichen Strahlungsarten.

711

00:47:03,680 --> 00:47:07,080

Weltraumteleskope für Röntgen- und Gammastrahlen zeigen das heiße

712

00:47:07,120 --> 00:47:11,800

energiereiche und gewalttätige Universum der Galaxienhaufen

713

00:47:11,840 --> 00:47:16,080

Schwarzen Löchern und galaktischen Kollisionen.

714

00:47:18,760 --> 00:47:20,840

Sie sind aber schwer zu konstruieren.

715

00:47:20,920 --> 00:47:24,440

Energiereiche Strahlung durchdringt gewöhnliche Spiegel.

716

00:47:24,520 --> 00:47:29,680

Röntgenstrahlen lassen sich nur mit verschachtelten Spiegel-Schalen fokussieren, die aus purem Gold bestehen.

717

00:47:29,760 --> 00:47:33,120

Und Gamma-Strahlen werden mit komplizierten Loch-Kameras untersucht

718

00:47:33,200 --> 00:47:36,560

oder mit gestapelten Szintillatoren, die kurze Blitze normalen Lichts abgeben

719

00:47:36,640 --> 00:47:39,680

wenn sie von einem Gammastrahlen-Photon getroffen werden.

720

00:47:40,960 --> 00:47:45,120

In den 1990er Jahren betrieb die NASA das Compton-Gammastrahlen-Observatorium.

721

00:47:45,200 --> 00:47:48,280

Es war damals der größte und massivste Wissenschafts-Satellit

722

00:47:48,360 --> 00:47:49,880

der je gestartet wurde.

723

00:47:49,960 --> 00:47:53,120

Ein vollständiges Physik-Labor im All.

724

00:47:53,200 --> 00:47:56,480

2008 wurde GLAST zum Nachfolger von Compton:

725

00:47:56,560 --> 00:48:00,520

Das "Gammastrahlen-Großflächen-Weltraumteleskop".

726

00:48:00,600 --> 00:48:04,120

Es wird alles Hochenergetische im Universum studieren

727

00:48:04,200 --> 00:48:06,520

von dunkler Materie bis zu Pulsaren.

728

00:48:08,440 --> 00:48:12,360

Mittlerweile haben die Astronomen zwei Röntgen-Teleskope im All.

729

00:48:12,440 --> 00:48:17,400

NASAs Chandra-Röntgenobservatorium und ESAs XMM-Newton-Observatorium

730

00:48:17,480 --> 00:48:21,480

untersuchen beide die heißesten Orte des Universums.

731

00:48:23,960 --> 00:48:27,680

So sieht der Himmel im Röntgenlicht aus.

732

00:48:27,760 --> 00:48:32,160

Ausgedehnte Strukturen sind Gaswolken, die durch Stoßwellen in Supernova-Überresten

733

00:48:32,240 --> 00:48:35,680

auf mehrere Millionen Grad erhitzt wurden.

734

00:48:35,760 --> 00:48:39,960

Die hellen Punkt-Quellen sind Röntgen-Doppelsterne: Neutronensterne oder

735

00:48:39,960 --> 00:48:43,640

Schwarze Löcher, die Material von einem Begleitstern aufsaugen.

736

00:48:43,720 --> 00:48:47,280

Dieses heiße, einstürzende Gas sendet Röntgenstrahlung aus.

737

00:48:47,360 --> 00:48:51,560

Ebenso enthüllen Röntgenteleskope supermassive Schwarze Löcher in

738

00:48:51,640 --> 00:48:53,760

den Zentren weit entfernter Galaxien.

739

00:48:53,840 --> 00:48:57,800

Materie, die spiralförmig einwärts läuft, wird heiß genug, um im Röntgenlicht zu glühen

740

00:48:57,880 --> 00:49:02,160

kurz bevor sie ins Schwarze Loch stürzt und aus dem Blickfeld verschwindet.

741

00:49:02,240 --> 00:49:06,840

Heißes, aber dünnes Gas füllt auch den Raum zwischen den einzelnen Galaxien

742

00:49:06,920 --> 00:49:08,320

in einem Galaxienhaufen.

743

00:49:08,400 --> 00:49:12,240

Manchmal wird dieses Gas eines Haufens noch stärker erhitzt

744

00:49:12,320 --> 00:49:16,480

wenn Galaxienhaufen kollidieren und verschmelzen.

745

00:49:16,560 --> 00:49:20,760

Noch erstaunlicher sind Gammastrahlen-Ausbrüche, sogenannte Gamma Ray Bursts, die energiereichsten

746

00:49:20,840 --> 00:49:22,600

Ereignisse im Universum überhaupt.

747

00:49:22,680 --> 00:49:26,920

Es sind katastrophale Explosionen am Ende sehr massereicher, schnell

748

00:49:26,960 --> 00:49:28,760

rotierender Sterne.

749

00:49:28,840 --> 00:49:32,760

In weniger als einer Sekunde setzen sie mehr Energie frei, als die Sonne es in

750

00:49:32,840 --> 00:49:35,760

zehn Milliarden Jahren tut.

751

00:49:38,200 --> 00:49:42,160

Hubble, Spitzer, Chandra, XMM-Newton und GLAST

752

00:49:42,240 --> 00:49:44,600

sind allesamt vielseitige Riesen.

753

00:49:44,680 --> 00:49:47,640

Aber manche Weltraumteleskope sind viel kleiner und haben weitaus

754

00:49:47,720 --> 00:49:49,240

spezialisierte Missionen.

755

00:49:49,320 --> 00:49:51,280

Nehmen wir zum Beispiel COROT.

756

00:49:51,360 --> 00:49:54,880

Dieser französische Satellit ist der Untersuchung stellaren Seismologie und

757

00:49:54,960 --> 00:49:56,880

extrasolarer Planeten gewidmet.

758

00:49:56,960 --> 00:50:01,240

Oder der NASA-Satellit Swift, ein kombiniertes Röntgen- und Gammastrahlen-Observatorium

759

00:50:01,320 --> 00:50:05,720

konstruiert, um die Mysterien der Gamma Ray Bursts zu enträtseln.

760

00:50:05,800 --> 00:50:10,160

Und dann ist da noch WMAP, die „Wilkinson-Mikrowellen-Anisotropie-Sonde“.

761

00:50:10,240 --> 00:50:13,840

In nur gut zwei Jahren im All hat sie bereits die kosmische

762

00:50:13,920 --> 00:50:17,280

Hintergrundstrahlung in ungekanntem Detail kartografiert.

763

00:50:17,360 --> 00:50:21,200

WMAP hat Kosmologen den bisher besten Blick in die frühesten

764

00:50:21,280 --> 00:50:26,680

Phasen des Universums vor mehr als 13 Milliarden Jahren ermöglicht.

765

00:50:26,760 --> 00:50:29,640

Die Eroberung des Weltraums war eine der aufregendsten

766

00:50:29,720 --> 00:50:32,240

Entwicklungen in der Geschichte des Teleskops.

767

00:50:32,320 --> 00:50:34,760

Was passiert als Nächstes?

768

00:50:37,800 --> 00:50:40,680

7. Was bringt die Zukunft?

769

00:50:42,680 --> 00:50:45,480

In Arizona wurde der
erste Spiegel für das

770

00:50:45,560 --> 00:50:47,400

Giant Magellan Telescope” gegossen.

771

00:50:47,480 --> 00:50:50,680

Dieses gewaltige Instrument
wird am Las Campanas

772

00:50:50,760 --> 00:50:52,360

Observatorium in Chile gebaut.

773

00:50:52,440 --> 00:50:56,040
Seine sieben Spiegel, jeder von ihnen hat
einen Durchmesser von gut acht Metern,

774
00:50:56,120 --> 00:50:59,200
werden wie die Blütenblätter
einer Blume angeordnet sein.

775
00:50:59,280 --> 00:51:02,200
Gemeinsam werden sie mehr als vier
Mal so viel Licht sammeln können

776
00:51:02,280 --> 00:51:05,799
als jedes heute
existierende Teleskop.

777
00:51:05,880 --> 00:51:10,240
Das für 2015 geplante „Californian
Thirty Meter Telescope

778
00:51:10,320 --> 00:51:13,080
entspricht eher einer gigantischen
Version des Keck-Teleskops.

779
00:51:13,160 --> 00:51:16,360
Mehrere hundert Einzelsegmente
bilden einen gewaltigen Spiegel,

780
00:51:16,440 --> 00:51:20,520
der so groß wie ein
sechsstöckiges Hochhaus sein wird.

781
00:51:20,600 --> 00:51:25,320
In Europa existieren fertige Pläne für
das „European Extremely Large Telescope.

782
00:51:25,799 --> 00:51:29,160
Sein Spiegel wird mit 42 Meter
Durchmesser – das entspricht der Größe

783
00:51:29,240 --> 00:51:32,640
eines olympischen Schwimmbeckens
– die doppelten Fläche des

784
00:51:32,720 --> 00:51:34,840
30-Meter-Teleskops
erreichen.

785
00:51:34,920 --> 00:51:39,400
Diese künftigen Riesenfernrohre sind für
Beobachtungen im Infrarotbereich optimiert und werden

786

00:51:39,480 --> 00:51:44,160

allesamt mit empfindlichen Instrumenten
und adaptiver Optik ausgestattet sein.

787

00:51:44,240 --> 00:51:46,840

Mit ihrer Hilfe sollte es möglich sein,
die früheste Generation von Galaxien

788

00:51:46,920 --> 00:51:50,120

und Sternen in der Geschichte
des Universums zu enthüllen.

789

00:51:50,200 --> 00:51:53,120

Darüber hinaus werden sie uns
vielleicht die erste direkte Aufnahme

790

00:51:53,200 --> 00:51:56,160

eines Planeten in einem
anderen Sonnensystem liefern.

791

00:51:56,240 --> 00:52:00,000

Für die Radioastronomen sind
42 Meter kleine Fische”..

792

00:52:00,080 --> 00:52:02,720

Sie schalten zahlreiche kleinere
Instrumente zusammen, um

793

00:52:02,799 --> 00:52:05,080

einen viel größeren
Empfänger zu schaffen.

794

00:52:05,160 --> 00:52:08,799

In Holland ist gerade LOFAR, eine
Empfangsanlage für Niedrigfrequenzen,

795

00:52:08,880 --> 00:52:10,520

im Entstehen.

796

00:52:10,600 --> 00:52:15,840

30.000 Antennen werden durch optische Glasfaserkabel
mit einem zentralen Supercomputer verbunden.

797

00:52:15,920 --> 00:52:19,440

Das moderne Design sieht keine beweglichen
Teile vor, doch Beobachtungen sind in

798

00:52:19,520 --> 00:52:22,840

acht verschiedene

Richtungen gleichzeitige möglich.

799

00:52:22,920 --> 00:52:26,120

Die neuartige Technologie von
LOFAR wird wahrscheinlich ins

800

00:52:26,200 --> 00:52:28,600

„Square Kilometre Array einfließen,
das derzeit an der Spitze der Wunschliste

801

00:52:28,680 --> 00:52:30,560

der Radioastronomen rangiert.

802

00:52:30,640 --> 00:52:34,640

Die internationale Anlage soll in
Australien oder Südafrika errichtet werden.

803

00:52:34,720 --> 00:52:38,560

Große Parabolantennen und kleine
Empfänger werden zusammen

804

00:52:38,640 --> 00:52:42,920

ein unglaublich detailliertes
Abbild des Radionimmels liefern.

805

00:52:43,000 --> 00:52:46,720

Mit einer Gesamt-Sammelfläche
von einem Quadratkilometer wird

806

00:52:46,799 --> 00:52:50,440

diese Anlage das bei weitem
empfindlichste Radioteleskop sein,

807

00:52:50,520 --> 00:52:52,920

das je gebaut wurde.

808

00:52:53,000 --> 00:52:58,040

Galaxien in der Entstehungsphase, energiereiche Quasare, blinkende Pulsare

809

00:52:58,160 --> 00:53:01,799

keine Radioquelle wird vor
den neugierigen Augen des

810

00:53:01,880 --> 00:53:04,760

Square Kilometer Array sicher sein.

811

00:53:04,799 --> 00:53:08,280

Das Instrument wird sogar
nach möglichen Radiosignalen

812

00:53:08,360 --> 00:53:11,840

außerirdischer

Zivilisationen lauschen.

813

00:53:11,920 --> 00:53:15,160

Und wie siehts mit dem Weltraum aus?

814

00:53:15,240 --> 00:53:19,040

Das Hubble-Weltraumteleskop wird nach seiner fünften und letzten Service-Mission

815

00:53:19,120 --> 00:53:24,480

noch bis etwa 2013 im Dienst sein.

816

00:53:24,560 --> 00:53:28,720

Etwa zu dieser Zeit soll sein Nachfolger in den Weltraum geschossen werden.

817

00:53:30,760 --> 00:53:34,720

Treffen Sie das James-Webb-Weltraumteleskop, ein Infrarotobservatorium im All,

818

00:53:34,799 --> 00:53:40,480

das nach einem ehemaligen Leiter der NASA benannt wurde.

819

00:53:40,560 --> 00:53:44,840

Im All entfalten sich die Segmente des 6,5 Meter-Spiegels

820

00:53:44,920 --> 00:53:48,480

wie die Knospe einer Blüte
– er ist sieben Mal empfindlicher

821

00:53:48,560 --> 00:53:51,360

als Hubble.

822

00:53:51,440 --> 00:53:54,520

Ein großer Sonnenschild sorgt dafür, dass die Optik und die tiefgekühlten

823

00:53:54,600 --> 00:53:57,960

Instrumente immer im Schatten bleiben, um ihre Betriebstemperatur bei

824

00:53:58,040 --> 00:54:03,000

sagenhaften minus 233 Grad Celsius zu halten.

825

00:54:04,200 --> 00:54:07,880
Das James Webb Weltraumteleskop
wird nicht um die Erde kreisen.

826
00:54:07,960 --> 00:54:11,640
Stattdessen wird es 1,5 Millionen
Kilometer von unserem Planeten entfernt

827
00:54:11,720 --> 00:54:15,880
in eine Parkposition gebracht, auf
einer weitläufigen Umlaufbahn um die Sonne.

828
00:54:15,960 --> 00:54:19,080
Vor einem halben Jahrhundert war das
Hale-Teleskop auf dem Mount Palomar

829
00:54:19,160 --> 00:54:20,960
das bislang größte
in der Geschichte.

830
00:54:21,000 --> 00:54:25,120
Bald wird ein noch größeres Fernrohr
in den Tiefen des Weltraums fliegen.

831
00:54:25,160 --> 00:54:29,440
Über die aufregenden Entdeckungen, die es
machen wird, können wir heute nur spekulieren.

832
00:54:29,520 --> 00:54:31,680
Bleiben Sie also dran!

833
00:54:32,160 --> 00:54:34,880
In der Zwischenzeit entwickeln
findige Ingenieure

834
00:54:34,960 --> 00:54:37,720
am laufenden Band revolutionäre
Modelle für neue Teleskope.

835
00:54:37,799 --> 00:54:42,040
In Kanada haben Wissenschaftler ein
sogenanntes Flüssigspiegel-Teleskop" gebaut.

836
00:54:42,120 --> 00:54:45,200
Bei dieser Teleskopart wird das
Sternenlicht nicht von einem

837
00:54:45,280 --> 00:54:49,360
festen Spiegel reflektiert,
sondern von einer gewölbten Oberfläche

838

00:54:49,440 --> 00:54:52,600
aus flüssigem Quecksilber.

839

00:54:52,680 --> 00:54:56,360
Aufgrund ihrer Funktionsweise können
Quecksilber-Teleskope nur senkrecht nach oben schauen,

840

00:54:56,440 --> 00:54:59,120
aber ihr großer Vorteil ist,
dass sie verhältnismäßig billig

841

00:54:59,200 --> 00:55:01,360
und leicht zu bauen sind.

842

00:55:01,440 --> 00:55:04,440
Radioastronomen wollen eine Aufreihung
kleiner Antennen ähnlich wie LOFAR

843

00:55:04,520 --> 00:55:07,360
auf der Mondoberfläche installieren,
so weit wie nur möglich entfernt

844

00:55:07,440 --> 00:55:10,880
von potentiellen
irdischen Störquellen.

845

00:55:10,960 --> 00:55:13,520
Wer weiß, vielleicht wird eines Tages
sogar ein optisches Großteleskop

846

00:55:13,600 --> 00:55:16,360
auf der Mondrückseite
errichtet werden.

847

00:55:16,440 --> 00:55:19,360
Auch Röntgenastronomen hoffen, durch
die Nutzung von Weltraumteleskopen

848

00:55:19,440 --> 00:55:21,960
und speziellen Blenden
ihre Sehkraft in

849

00:55:22,040 --> 00:55:23,040
Zukunft gewaltig zu verbessern.

850

00:55:23,120 --> 00:55:25,720
Unter Umständen gelingt ihnen
sogar eine Aufnahme vom Rand

851

00:55:25,799 --> 00:55:27,760
eines Schwarzen Lochs.

852
00:55:29,560 --> 00:55:32,560
Vielleicht wird auch eines Tages ein
Teleskop eine der tiefgründigsten

853
00:55:32,640 --> 00:55:38,840
Fragen der Menschheit beantworten
können: Sind wir allein im Universum?

854
00:55:42,480 --> 00:55:45,800
Wir wissen, dass es da draußen
andere Sonnensysteme gibt.

855
00:55:45,920 --> 00:55:48,280
Wir vermuten sogar, dass
es erdähnliche Planeten

856
00:55:48,400 --> 00:55:50,200
mit flüssigem Wasser gibt.

857
00:55:50,320 --> 00:55:51,200
Aber

858
00:55:51,320 --> 00:55:53,440
gibt es Leben?

859
00:55:54,320 --> 00:55:58,120
Das Auffinden solcher extrasolarer Planeten
hat sich als sehr schwierig erwiesen.

860
00:55:58,240 --> 00:56:00,680
Oftmals verbergen sie sich vor den
Astronomen in dem intensiven Licht,

861
00:56:00,720 --> 00:56:03,960
das von ihren
Muttergestirnen ausgeht.

862
00:56:04,920 --> 00:56:08,040
Eines Tages sorgen vielleicht Interferometer,
die in die Dunkelheit des Alls

863
00:56:08,160 --> 00:56:10,760
geschossen werden, für
eine ungewöhnliche Antwort.

864
00:56:10,799 --> 00:56:13,520
Die NASA zieht im Moment ein

Projekt in Erwägung, das

865

00:56:13,560 --> 00:56:16,120
nach erdähnlichen
Planeten suchen soll.

866

00:56:16,240 --> 00:56:20,680
Und europäische Wissenschaftler
planen gerade die Darwin-Mission.

867

00:56:20,799 --> 00:56:24,360
Sechs Weltraumteleskope kreisen
im Formationsflug um die Sonne.

868

00:56:24,480 --> 00:56:28,520
Laser kontrollieren die Abstände der Teleskope
untereinander bis auf den Nanometer genau.

869

00:56:28,560 --> 00:56:32,200
Zusammen besitzen sie ein unglaubliches
Auflösungsvermögen und sind in der Lage,

870

00:56:32,240 --> 00:56:36,040
das störende, grelle Licht
von Sternen auszublenden, um so

871

00:56:36,160 --> 00:56:39,800
erdähnliche Planeten bei anderen
Sternen tatsächlich sehen zu können.

872

00:56:40,640 --> 00:56:44,880
Dann müssen die Astronomen das Licht untersuchen,
das von den Planeten reflektiert wird.

873

00:56:45,000 --> 00:56:49,960
Es zeigt die spektroskopischen
Fingerabdrücke" der Atmosphäre der Planeten.

874

00:56:50,000 --> 00:56:53,280
Wer weiß, vielleicht werden wir
in 15 Jahren die Signaturen

875

00:56:53,320 --> 00:56:55,600
von Sauerstoff, Methan
und Ozon nachweisen können.

876

00:56:55,720 --> 00:56:58,800
Die Wegweiser des Lebens.

877

00:57:01,000 --> 00:57:03,520

Das Universum ist voller Überraschungen.

878

00:57:03,640 --> 00:57:05,960

Der Himmel fasziniert
uns Menschen immer wieder.

879

00:57:06,080 --> 00:57:08,960

Kein Wunder, dass Hunderttausende
Amateurastronomen

880

00:57:09,000 --> 00:57:11,520

auf der ganzen Welt jede
klare Nacht nach draußen gehen,

881

00:57:11,640 --> 00:57:13,200

um den Kosmos zu bestaunen.

882

00:57:13,240 --> 00:57:15,520

Ihre Teleskope sind viel
besser als die Instrumente,

883

00:57:15,640 --> 00:57:16,960

die Galileo benutzte.

884

00:57:17,000 --> 00:57:20,600

Mit ihren digitalen Kameras übertreffen
sie sogar die fotografischen Aufnahmen,

885

00:57:20,640 --> 00:57:23,760

die Forscher vor wenigen
Jahrzehnten gemacht haben.

886

00:57:23,880 --> 00:57:27,200

Das Bestreben der Astronomen, den
Kosmos mit Hilfe von Teleskopen

887

00:57:27,240 --> 00:57:30,760

zu verstehen, ist erst 400 Jahr alt.

888

00:57:30,799 --> 00:57:35,040

Es gibt noch jede Menge
unerforschtes Land da draußen.

889

00:57:35,560 --> 00:57:38,880

Viel haben wir bereits erreicht, seit dem
Galileo vor vier Jahrhunderten begann,

890

00:57:39,000 --> 00:57:42,200

mit Hilfe seines Fernrohrs
eine Karte des Himmels zu zeichnen.

891
00:57:42,240 --> 00:57:45,440
Noch immer beobachten wir das Universum mit Teleskopen

892
00:57:45,480 --> 00:57:50,800
nicht nur auf der Erde, sondern
auch in den unendlichen Weiten des Alls.

893
00:57:50,920 --> 00:57:54,520
Der Keim der Menschheit liegt in unserem
scheinbar niemals enden wollenden

894
00:57:54,640 --> 00:57:57,680
Einfallereichtum und Forscherdrang.

895
00:57:57,799 --> 00:58:00,360
Wir haben eben erst begonnen, einige
der größten Fragen zu beantworten,

896
00:58:00,400 --> 00:58:02,440
die jemals gestellt wurden.

897
00:58:02,480 --> 00:58:05,120
Wir haben über 300 Planeten
um andere Sterne in

898
00:58:05,160 --> 00:58:09,200
unserer Milchstraße entdeckt, und
organische Moleküle auf Planeten,

899
00:58:09,240 --> 00:58:12,760
die ferne Sterne umkreisen, gefunden.

900
00:58:12,799 --> 00:58:17,440
Diese unglaublichen Entdeckungen mögen wie der
Höhepunkt menschlicher Forschung erscheinen,

901
00:58:17,520 --> 00:58:21,520
aber zweifelsohne
kommt das Beste erst.

902
00:58:21,640 --> 00:58:24,440
Auch Sie können zu
den Entdeckern gehören.

903
00:58:24,480 --> 00:58:29,200
Blicken Sie hinauf und staunen Sie.