

1

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

Door ons gezichtsvermogen verder te vergroten
dan onze voorouders voor

2

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

mogelijk hielden,banen deze wonderbaarlijke instrumenten, de telescopen,

3

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

de weg naar een dieper en volmakter begrip
van de natuur. - René Descartes, 1637

4

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

Duizenden jaren heeft de mensheid
de fascinerende nachthemel bekeken

5

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

zonder te beseffen dat de sterren van
ons Melkwegstelsel andere zonnen zijn

6

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

of dat het heelal met miljarden
van zulke stelsels gevuld is

7

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

of dat wij slechts een voetnoot
zijn in de al 13,7 miljard jaar

8

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

durende kosmische geschiedenis.

9

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

Met slechts onze ogen als
instrument konden we geen

10

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

zonnestelsels bij andere sterren
ontdekken of vaststellen

11

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

of er ook elders in het
heelal leven bestaat.

12

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

Maar inmiddels hebben we al veel
vraagstukken over het heelal

13

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

opgelost: we leven in een tijd waarin
meer sterrenkundige ontdekkingen

14

00:01:03,640 --> 00:01:05,960
zijn gedaan dan ooit tevoren.

15

00:01:05,960 --> 00:01:08,960
Ik ben Dr. J en ik zal je gids
zijn bij de telescoop -

16

00:01:09,040 --> 00:01:11,880
het verbazingwekkende instrument
dat de sleutel bleek

17

00:01:11,960 --> 00:01:15,520
tot de poorten van het heelal.

18

00:01:17,960 --> 00:01:21,880
OGEN OP DE HEMEL
400 jaar van ontdekkingen met de telescoop

19

00:01:22,200 --> 00:01:26,960
1. Een nieuwe kijk op de hemel

20

00:01:28,960 --> 00:01:32,120
Vier eeuwen geleden, in 1609,
wandelde een man

21

00:01:32,240 --> 00:01:34,640
de velden bij zijn huis in.

22

00:01:34,720 --> 00:01:39,000
Hij richtte zijn zelfgebouwde telescoop
op de maan, de planeten en de sterren.

23

00:01:39,080 --> 00:01:42,600
Zijn naam was Galileo Galilei.

24

00:01:44,040 --> 00:01:47,280
De sterrenkunde zou nooit
meer dezelfde zijn.

25

00:02:07,440 --> 00:02:12,400
Nu, 400 jaar nadat Galilei als eerste
een telescoop op de hemel richtte

26

00:02:12,640 --> 00:02:18,280
gebruiken sterrenkundigen enorme spiegels
op verre bergtoppen om de hemel te bestuderen.

27

00:02:18,360 --> 00:02:23,520
Radiotelescopen ontvangen zwakke

bleipjes en geruis uit de ruimte.

28

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

Wetenschappers hebben zelfs
telescopen de ruimte in gebracht

29

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

ver boven de verstorende
invloed van onze atmosfeer.

30

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

En het uitzicht was
adembenemend!

31

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

Maar Galilei was niet degene die
de telescoop uitvond.

32

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

Die eer gaat naar Hans Lipperhey,
een vrij onbekende

33

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

Nederlands/Duitse brillenmaker.

34

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

Maar Hans Lipperhey keek nooit
met zijn telescoop naar de sterren.

35

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

Hij dacht dat zijn
uitvinding vooral nuttig was

36

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

voor zeevaarders en soldaten.

37

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

Lipperhey kwam uit Middelburg,
destijds een grote handelsstad

38

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

in de jonge Republiek der Nederlanden.

39

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

In 1608 ontdekte Lipperhey dat
als je een ver object

40

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

door een bolle en een holle lens bekeek,
het object groter leek als je

41

00:03:24,080 --> 00:03:29,640
de twee lenzen maar precies ver
genoeg achter elkaar hield.

42

00:03:29,720 --> 00:03:33,800
De telescoop was geboren!

43

00:03:33,880 --> 00:03:37,520
In september 1608 liet Lipperhey
zijn uitvinding zien aan

44

00:03:37,600 --> 00:03:39,880
Prins Maurits van de Nederlanden.

45

00:03:39,960 --> 00:03:42,840
Hij had geen beter moment
kunnen uitkiezen, want

46

00:03:42,920 --> 00:03:45,880
in die tijd waren de Nederlanden
verwikkeld in de

47

00:03:45,960 --> 00:03:49,320
Tachtigjarige Oorlog met Spanje.

48

00:03:55,320 --> 00:03:59,080
De nieuwe verrekijker kon
objecten vergroten, zodat je

49

00:03:59,160 --> 00:04:02,280
vijandige schepen en troepen kon zien
die eigenlijk te ver weg waren

50

00:04:02,360 --> 00:04:04,360
om met het blote oog zichtbaar te zijn.

51

00:04:04,440 --> 00:04:07,440
Dat was nog eens een nuttige uitvinding!

52

00:04:07,560 --> 00:04:12,000
Maar de Nederlandse regering verleende
Lipperhey geen octrooi op zijn telescoop.

53

00:04:12,080 --> 00:04:15,400
Dat kwam doordat ook andere kooplieden
beweerden de uitvinder te zijn

54

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

met name Lipperheys concurrent
Sacharias Janssen.

55

00:04:19,280 --> 00:04:21,520
De kwestie is nooit opgelost.

56

00:04:21,600 --> 00:04:27,920
Tot aan de dag van vandaag staat niet
precies vast wie de telescoop uitvond.

57

00:04:28,920 --> 00:04:32,720
De Italiaanse sterrenkundige Galileo Galilei,
de vader van de moderne natuurkunde

58

00:04:32,800 --> 00:04:37,640
hoorde van de telescoop
en besloot er zelf een te bouwen.

59

00:04:38,320 --> 00:04:42,360
Ongeveer tien maanden geleden,
kwam mij ter ore dat een zekere

60

00:04:42,440 --> 00:04:48,200
Vlaming een oogglas had geconstrueerd
waarmee je zichtbare objecten

61

00:04:48,280 --> 00:04:52,960
ondanks hun grote afstand tot het oog
van de waarnemer, kon bekijken

62

00:04:53,040 --> 00:04:56,120
alsof ze dichtbij waren.

63

00:04:56,520 --> 00:04:59,440
Galilei was de grootste
wetenschapper van zijn tijd.

64

00:04:59,560 --> 00:05:02,600
Hij was ook een fanatiek aanhanger
van het nieuwe wereldbeeld van de

65

00:05:02,680 --> 00:05:06,160
Poolse sterrenkundige Nicolaus
Copernicus, die voorstelde dat

66

00:05:06,240 --> 00:05:10,440
de aarde om de zon draaide,
in plaats van andersom.

67

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

Gebaseerd op wat hij van de Hollandse kijker had gehoord, bouwde Galilei

68

00:05:14,320 --> 00:05:16,600
zijn eigen instrumenten.

69

00:05:16,680 --> 00:05:19,160
Deze waren van veel betere kwaliteit.

70

00:05:20,560 --> 00:05:25,320
Uiteindelijk, kosten noch moeite
sparend, slaagde ik

71

00:05:25,400 --> 00:05:29,680
erin een instrument te bouwen
dat zo uitstekend was dat

72

00:05:29,760 --> 00:05:33,920
de objecten die ik bekeek bijna
duizend keer groter leken

73

00:05:33,960 --> 00:05:38,840
dan wanneer ik hen met het blote oog
aanschouwde.

74

00:05:39,720 --> 00:05:43,640
Het werd tijd om de telescoop
omhoog te richten.

75

00:05:45,920 --> 00:05:49,680
Ik ben tot de overtuiging gekomen
dat het oppervlak van de maan

76

00:05:49,800 --> 00:05:53,520
niet zo glad, gelijkmatig en
volmaakt bolvormig is

77

00:05:53,760 --> 00:05:57,440
als zeer vele filosofen beweren.

78

00:05:57,560 --> 00:06:01,720
Het is juist ongelijkmatig en vertoont
tal van gaten en uitsteeksels

79

00:06:01,800 --> 00:06:06,240
net als het aangezicht
van de aarde.

80

00:06:11,640 --> 00:06:15,320
Een landschap van kraters,

bergen en valleien.

81

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

Een wereld als de onze!

82

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

Enkele weken later, in januari
1610, keek Galilei naar Jupiter.

83

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

Dicht bij de planeet zag hij vier
lichtpuntjes die zich

84

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

samen met Jupiter langs de
nachthemel verplaatsten.

85

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

En het leek alsof deze begeleiders een
trage dans om de planeet maakten.

86

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

Deze vier lichtpuntjes staan
nu bekend als

87

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

de Galileïsche manen van Jupiter.

88

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

Wat heeft Galilei nog meer ontdekt?

89

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

De schijngestalten van Venus!

90

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

Net als de maan doorloopt Venus
een cyclus van sikkkel tot

91

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

volle schijf en weer terug.

92

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

Vreemde uitsteeksels aan
weerszijden van Saturnus.

93

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

Donkere vlekken op de zon.

94

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

En sterren natuurlijk.

95

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

Duizenden sterren,
misschien zelfs miljoenen.

96

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

Stuk voor stuk te zwak
voor het blote oog.

97

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

Het was alsof de mensheid plotseling
haar blinddoek was kwijtgeraakt.

98

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

Er bleek een compleet heelal
op ontdekking te wachten.

99

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

Het nieuws over de telescoop ging
als een lopend vuurtje door Europa.

100

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

In Praag, aan het hof van keizer
Rudolf II, bracht Johannes Kepler

101

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

verbeteringen aan in het
ontwerp van het instrument.

102

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

In Antwerpen maakte de Nederlandse
cartograaf Michael van Langren

103

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

de eerste betrouwbare maankaarten
waarop hij structuren tekende die

104

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

continenten en oceanen voorstelden.

105

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

En Johannes Hevelius, een rijke
brouwer uit Polen, bouwde enorme

106

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

telescopen in zijn
sterrenwacht in Danzig.

107

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

Deze sterrenwacht was zó groot dat hij zich over drie daken uitstrekte!

108

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

Maar de beste instrumenten uit die tijd werden waarschijnlijk gemaakt

109

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

door de Nederlander Christiaan Huygens.

110

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

In 1655 ontdekte Huygens Titan, de grootste maan van Saturnus.

111

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

Enkele jaren later, stelde hij vast dat Saturnus omgeven is door een ring

112

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

iets wat Galilei nooit begrepen had.

113

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

En ten slotte zag Huygens ook nog donkere vlekken en heldere

114

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

poolkappen op Mars.

115

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

Zou er leven kunnen zijn op deze verre, vreemde wereld?

116

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

Deze vraag houdt sterrenkundigen ook nu nog bezig.

117

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

De eerste telescopen maakten allemaal gebruik van lenzen

118

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

om het licht van sterren te verzamelen en samen te brengen.

119

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

Later maakten de lenzen plaats voor spiegels.

120

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

De eerste spiegeltelescoop werd
gebouwd door Niccolò Zucchi

121

00:08:49,160 --> 00:08:52,000
en later verbeterd door Isaac Newton.

122

00:08:52,080 --> 00:08:55,760
Eind 18de eeuw werden de grootste
spiegels ter wereld gegoten

123

00:08:55,840 --> 00:08:59,600
door William Herschel, een
organist die astronoom werd

124

00:08:59,680 --> 00:09:02,520
en samenwerkte met
zijn zus Caroline.

125

00:09:02,600 --> 00:09:06,200
In hun huis in Bath, in Engeland,
goten de Herschels roodgloeiend

126

00:09:06,280 --> 00:09:09,880
gesmolten metalen in een vorm en
als het geheel was afgekoeld

127

00:09:09,960 --> 00:09:15,440
polijstten zij het oppervlak net zo
lang totdat het sterlicht weerkaatste.

128

00:09:15,560 --> 00:09:20,320
In de loop van zijn leven bouwde
Herschel meer dan 400 telescopen.

129

00:09:24,520 --> 00:09:28,360
De grootste van deze was zo enorm,
dat hij vier hulpen nodig had om

130

00:09:28,440 --> 00:09:31,600
alle touwen, wielen en katrollen
te bedienen die nodig waren

131

00:09:31,680 --> 00:09:36,000
om de beweging van de sterren
langs de nachthemel te volgen

132

00:09:36,080 --> 00:09:39,440
die uiteraard het gevolg is
van de draaiing van de aarde.

133

00:09:39,560 --> 00:09:43,080
Herschel ontpopte zich als een echte
verkenner, die de hemel afspeurde en

134
00:09:43,160 --> 00:09:46,720
honderden nieuwe nevels en
dubbelsterren ontdekte.

135
00:09:46,800 --> 00:09:50,280
Hij stelde ook vast dat de Melkweg
een platte schijf moest zijn.

136
00:09:50,360 --> 00:09:54,120
En zelfs met hij de snelheid van het
zonnestelsel binnen die schijf

137
00:09:54,200 --> 00:09:58,840
door de onderlinge bewegingen van de
sterren en de planeten te observeren.

138
00:09:58,920 --> 00:10:06,360
En toen, op 13 maart 1781, ontdekte
hij een nieuwe planeet: Uranus.

139
00:10:06,440 --> 00:10:10,680
Het zou meer dan 200 jaar duren voordat
de NASA-ruimtesonde Voyager 2

140
00:10:10,760 --> 00:10:15,880
de eerste close-up foto's
van deze verre wereld maakte.

141
00:10:16,800 --> 00:10:21,240
Op het weelderige platteland van
lerland bouwde William Parsons

142
00:10:21,320 --> 00:10:26,560
de derde graaf van Rosse, de
grootste telescoop van de 19de eeuw.

143
00:10:26,640 --> 00:10:30,560
Met een metalen spiegel van maar
liefst 1,8 meter, stond deze

144
00:10:30,640 --> 00:10:35,240
reuzentelescoop bekend als
'Het monster van Parsonstown'.

145
00:10:35,320 --> 00:10:39,320
Tijdens de schaarse heldere, maanloze
nachten keek de graaf door het oculair

146

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

en maakte hij denkbeeldige
lange tochten door het heelal.

147

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

Naar de Orionnevel, waarvan we nu weten
dat het de geboorteplaats van sterren is.

148

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

En ook naar de geheimzinnige Krabnevel, het
overblijfsel van een supernova-explosie.

149

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

En de Draaikolknevel?

150

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

Graaf Rosse was de eerste die zag dat deze
een indrukwekkende spiraalvorm heeft.

151

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

Het is een sterrenstelsel als het onze,
met wolken van donker stof en gloeiend gas

152

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

miljarden afzonderlijke sterren,
en wie weet -

153

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

misschien zelfs planeten als de onze.

154

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

De telescoop was het vaartuig geworden
waarmee de mens het heelal kon ontdekken.

155

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

2. Groter is beter

156

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

's Avonds wennen je ogen aan het donker.

157

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

Je pupillen worden wijder
om meer licht door te laten.

158

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

Hierdoor kun je zwakkere objecten
zien, en ook meer sterren.

159

00:11:47,960 --> 00:11:51,720
Stel je nu eens voor dat je
pupillen een meter groot waren.

160
00:11:51,800 --> 00:11:55,960
Dat zou er nogal gek uitzien,
maar je zou superogen hebben!

161
00:11:56,000 --> 00:11:59,400
En dat is precies hoe een telescoop werkt.

162
00:12:01,880 --> 00:12:04,640
Een telescoop is een soort trechter.

163
00:12:04,720 --> 00:12:10,240
Zijn grote lens of spiegel verzamelt
sterlicht en levert dat af in je oog.

164
00:12:13,080 --> 00:12:17,800
Hoe groter de lens of spiegel van een telescoop,
des te zwakker zijn de objecten die je kunt zien.

165
00:12:17,880 --> 00:12:20,720
De grootte is dus allesbepalend.

166
00:12:20,800 --> 00:12:23,400
Maar hoe groot kan een telescoop zijn?

167
00:12:23,480 --> 00:12:26,400
Als je met lenzen werkt, niet zo groot.

168
00:12:29,480 --> 00:12:32,720
De hoofdlens moet al het sterlicht doorlaten.

169
00:12:32,800 --> 00:12:36,080
En kan dus alleen langs de rand ondersteund worden.

170
00:12:36,160 --> 00:12:41,880
Als je de lens te groot maakt, wordt hij te zwaar en
begint hij onder zijn eigen gewicht door te buigen.

171
00:12:41,960 --> 00:12:45,640
Daardoor wordt het telescoopbeeld vervormd.

172
00:12:47,400 --> 00:12:54,320
De grootste lenzenkijker is in 1897 voltooid;
hij staat in de Yerkes-sterrenwacht bij Chicago.

173
00:12:54,400 --> 00:12:57,480

Zijn hoofdlenzen is iets meer dan een meter groot.

174

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

En de kijkerbuis is maar liefst 18 meter lang.

175

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

Met de Yerkes-telescoop hadden de bouwers van lenzenkijkers hun grenzen wel zo'n beetje bereikt.

176

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

Wil je een grotere telescoop?

177

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

Gebruik dan een spiegel.

178

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

In een spiegeltelescoop wordt het sterlicht door een spiegel weerkaatst in plaats van doorgelaten.

179

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

Dat betekent dat een spiegel een stuk dunner mag zijn dan een lens: je kunt hem immers van achteren ondersteunen.

180

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

Het gevolg is dat je spiegels veel groter kunt maken dan lenzen.

181

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

Een eeuw geleden kwamen er grote spiegels naar het zuiden van Californië.

182

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

Destijds was Mount Wilson nog een afgelegen berg in de wildernis van de San Gabriel Mountains.

183

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

De hemel was er helder en de nachten waren donker.

184

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

Hier bouwde George Ellery Hale eerst een 1,5-meter telescoop.

185

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

Deze was kleiner dan het 'Monster' van Lord Rosse, maar wel van veel betere kwaliteit.

186

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

En ook de plek was veel beter.

187

00:14:02,240 --> 00:14:07,640
Hale haalde de lokale zakenman John Hooker ertoe
over om een 2,5-meter telescoop te financieren.

188
00:14:07,720 --> 00:14:12,560
Vele tonnen glas en staal werden naar
de top van Mount Wilson gebracht.

189
00:14:12,640 --> 00:14:16,000
De Hooker-telescoop werd in 1917 voltooid.

190
00:14:16,080 --> 00:14:20,240
Dertig jaar lang zou dit de grootste
telescoop ter wereld zijn.

191
00:14:20,320 --> 00:14:25,400
Een groot kosmisch geschut, klaar
om het heelal aan te vallen.

192
00:14:28,480 --> 00:14:31,080
En aanvallen deed hij!

193
00:14:31,160 --> 00:14:34,240
De enorme schaalvergroting van de
nieuwe telescoop ging gepaard

194
00:14:34,280 --> 00:14:37,240
met een nieuwe manier om
het heelal te bekijken.

195
00:14:37,280 --> 00:14:40,800
De sterrenkundigen keken niet meer door
het oculair van de nieuwe reus.

196
00:14:40,880 --> 00:14:45,960
In plaats daarvan verzamelden ze het licht
uren achter elkaar op fotografische platen.

197
00:14:46,000 --> 00:14:50,800
Nog nooit had iemand zo ver
de ruimte in gekeken.

198
00:14:50,880 --> 00:14:55,160
Spiraalnevels bleken uit talloze
afzonderlijke sterren te bestaan.

199
00:14:55,240 --> 00:14:59,560
Zouden dat sterrenstelsels zoals
ons eigen Melkwegstelsel zijn?

200

00:14:59,640 --> 00:15:03,800
In de Andromedanevel ontdekte Edwin Hubble
een bijzonder soort sterren

201
00:15:03,880 --> 00:15:07,400
die met grote regelmaat van helderheid veranderen.

202
00:15:07,480 --> 00:15:11,720
Uit zijn waarnemingen kon Hubble afleiden hoe
ver de Andromedanevel van ons vandaan is:

203
00:15:11,800 --> 00:15:15,960
bijna een miljoen lichtjaar.

204
00:15:16,080 --> 00:15:22,720
Spiraalnevels, zoals die in Andromeda, waren
overduidelijk complete sterrenstelsels.

205
00:15:24,480 --> 00:15:27,320
Maar dat was niet de enige verrassing.

206
00:15:27,400 --> 00:15:32,000
De meeste van deze sterrenstelsel bleken
van ons Melkwegstelsel weg te bewegen.

207
00:15:32,080 --> 00:15:37,640
Op Mount Wilson ontdekte Hubble dat nabije
sterrenstelsels met kleine snelheden weg vluchtten

208
00:15:37,640 --> 00:15:42,480
terwijl verre sterrenstelsels een
veel grotere vluchtsnelheid hadden.

209
00:15:42,560 --> 00:15:43,720
De conclusie?

210
00:15:43,800 --> 00:15:46,560
Het heelal dijt uit.

211
00:15:46,640 --> 00:15:53,400
De Hooker-telescoop had de belangrijkste sterrenkundige
ontdekking van de 20ste eeuw opgeleverd.

212
00:15:56,080 --> 00:16:00,640
Dankzij de telescoop weten we nu meer
van de geschiedenis van het heelal.

213
00:16:00,720 --> 00:16:04,880
Het heelal is iets minder dan 14 miljard
jaar geleden geboren

214

00:16:04,960 --> 00:16:09,240

door een enorme explosie van tijd en ruimte,
materie en energie, die

215

00:16:09,280 --> 00:16:11,560

de oerknal wordt genoemd.

216

00:16:11,640 --> 00:16:17,480

Kleine rimpelingen in de oermaterie
groeiden uit tot grote verdichtingen.

217

00:16:17,560 --> 00:16:20,160

Daaruit ontstonden de sterrenstelsels.

218

00:16:20,240 --> 00:16:23,800

In allerlei soorten en maten.

219

00:16:26,560 --> 00:16:30,400

Door kernfusie in de kernen van
sterren ontstonden nieuwe atomen.

220

00:16:30,480 --> 00:16:34,880

Koolstof, zuurstof, ijzer, goud.

221

00:16:34,960 --> 00:16:39,640

Supernova-explosies bliezen deze
zware elementen de ruimte in.

222

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

Ruw materiaal voor de vorming van nieuwe sterren.

223

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

En planeten!

224

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

Ooit, ergens, op de een of andere manier evolueerden
eenvoudige organische moleculen tot levende organismen.

225

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

Het leven is één van de wonderen
in een alsmaar evoluerend heelal.

226

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

We bestaan uit sterrenstof.

227

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

Dat grootse en meeslepende inzicht

228

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

hebben we te danken aan de telescoop.

229

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

Stel je voor: zonder de telescoop

zouden we slechts zes planeten kennen

230

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

één maan, en een paar duizend sterren.

231

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

De sterrenkunde zou nog in haar kinderschoenen staan.

232

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

Al sinds onheuglijke tijden presenteren de buitenposten van het heelal zich als ongrijpbare schatten

233

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

aan avontuurlijke onderzoekers.

234

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

Prinsen en machtsdragers, politici en industriëlen voelden net als wetenschappers

235

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

de verlokkingen van de onbekende zeeën van de ruimte, en dankzij hun inbreng

236

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

van instrumentele middelen werd het onderzoeksterrein snel groter.

237

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

George Ellery Hale had één laatste droom:

238

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

Een telescoop bouwen die twee keer zo groot was als de vorige recordhouder.

239

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

Dit is de 'grande dame' van de 20ste-eeuwse sterrenkunde.

240

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

De 5-meter Hale-telescoop op Palomar Mountain.

241

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

Meer dan vijfhonderd ton bewegende massa, die zo goed uitgebalanceerd is

242

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

dat hij met de gratie van een ballerina kan bewegen.

243

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

Zijn 40 ton wegende spiegel maakt sterren zichtbaar die 40 miljoen keer te zwak zijn voor het blote oog.

244

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

De in 1948 voltooide Hale-telescoop leverde ongekende beelden op van planeten

245

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

sterrenhopen, nevels en sterrenstelsels.

246

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

Gasreus Jupiter met zijn vele manen.

247

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

De verbluffende Vlamnevel.

248

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

IJle gasslierten in de Orionnevel.

249

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

Maar kon het nog groter?

250

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

Eind jaren zeventig deden Sovjet-astronomen een poging.

251

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

Hoog in de bergen van de Kaukasus bouwden zij de 'Bolshoi Teleskop Azimutalnyi'

252

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

met een hoofdspiegel van 6 meter.

253

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

Maar deze heeft nooit aan zijn verwachtingen voldaan.

254

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

Hij was gewoon te groot, te duur en te onhandelbaar.

255

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

Moesten de telescoopbouwers de handdoek nu maar in de ring gooien?

256

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

Vielen hun dromen van nog grotere instrumenten in duigen?

257

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

Was er een voortijdig einde gekomen aan de geschiedenis van de telescoop?

258

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

Nee, natuurlijk niet.

259

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

Inmiddels zijn er 10-meter telescopen in bedrijf.

260

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

En nog grotere liggen op de tekentafel.

261

00:19:39,240 --> 00:19:40,720

Wat de oplossing was?

262

00:19:40,800 --> 00:19:42,640

Nieuwe technologieën.

263

00:19:44,000 --> 00:19:48,760

3. Technologie als redmiddel

264

00:19:48,960 --> 00:19:52,800

Net zoals moderne auto's niet meer op een T-Ford lijken, zijn de

265

00:19:52,880 --> 00:19:56,280

huidige telescopen compleet anders dan hun klassieke voorlopers

266

00:19:56,360 --> 00:19:58,680

zoals de 5-meter Hale-telescoop.

267

00:19:58,760 --> 00:20:01,880

Om te beginnen zijn hun monteringen veel kleiner.

268

00:20:01,960 --> 00:20:05,840

De ouderwetse parallactische montering is er een waarbij één van de assen

269

00:20:05,920 --> 00:20:09,720

altijd evenwijdig staat aan
de rotatie-as van de aarde.

270

00:20:09,800 --> 00:20:13,480

Om de beweging van de hemel te kunnen volgen,
hoeft de telescoop alleen maar met

271

00:20:13,560 --> 00:20:18,200

dezelfde snelheid rond zijn as te draaien
als waarmee de aarde rond haar as draait.

272

00:20:18,280 --> 00:20:21,160

Heel eenvoudig, maar het vreet ruimte.

273

00:20:21,240 --> 00:20:26,040

De moderne azimutale montering
is vele malen compacter.

274

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

Met zo'n montering wordt de telescoop op
dezelfde manier gericht als een kanon.

275

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

Je kiest een richting en een
hoogte en klaar ben je.

276

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

Het probleem is dan alleen nog
het volgen van de hemelbeweging.

277

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

Daartoe moet de telescoop met verschillende
snelheden om beide assen draaien.

278

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

Eigenlijk is dit pas goed mogelijk sinds
telescopen met computers worden bestuurd.

279

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

Een kleinere montering is goedkoper.

280

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

Bovendien past deze in een kleinere koepel,
wat de bouwkosten nog verder verlaagd

281

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

en de beeldkwaliteit ten goede komt.

282

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

Kijk bijvoorbeeld maar eens naar

de twee Keck-telescopen op Hawaï.

283

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

Hoewel hun 10-meter spiegels twee keer zo groot zijn als die

284

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

van de Hale-telescoop, passen ze in veel kleinere koepels

285

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

dan die op Palomar Mountain.

286

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

Ook de telescoopspiegels zijn veranderd.

287

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

Vroeger waren ze dik en zwaar.

288

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

Nu zijn ze dun en licht.

289

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

In reusachtige, ronddraaiende ovens worden nu vele meters grote spiegels gegoten.

290

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

En die zijn minder dan 20 centimeter dik.

291

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

Een ingewikkelde draagconstructie voorkomt dat de dunne spiegel

292

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

onder zijn eigen gewicht bezwijkt.

293

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

Computergestuurde zuigers en steunpunten zorgen ervoor dat de spiegel

294

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

perfect in vorm blijft.

295

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

Dit systeem wordt actieve optiek genoemd.

296

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

Het idee erachter is dat je de vervormingen van de hoofdspiegel corrigeert, die ontstaan

297

00:21:49,920 --> 00:21:54,560
door de zwaartekracht, de wind
en temperatuurveranderingen.

298

00:21:54,640 --> 00:21:58,240
Een dunne spiegel is natuurlijk
ook veel lichter.

299

00:21:58,320 --> 00:22:01,440
Dat betekent dat de hele draagstructuur,
inclusief de telescoopmontering

300

00:22:01,560 --> 00:22:03,440
ook veel kleiner en lichter kan zijn.

301

00:22:03,520 --> 00:22:05,560
En goedkoper!

302

00:22:05,640 --> 00:22:08,360
Dit is de 3,6-meter
New Technology Telescope

303

00:22:08,440 --> 00:22:11,760
die eind jaren tachtig door
Europese astronomen is gebouwd.

304

00:22:11,840 --> 00:22:14,840
Deze fungeerde als testopstelling
voor allerlei nieuwe technologieën

305

00:22:14,920 --> 00:22:16,120
op het gebied van telescoopbehuizingen.

306

00:22:16,200 --> 00:22:20,960
Zelfs het gebouw om de telescoop is
volkomen anders dan de klassieke koepel.

307

00:22:21,080 --> 00:22:24,240
De New Technology Telescope
was een groot succes.

308

00:22:24,320 --> 00:22:27,280
Het werd tijd om de grens van
zes meter te doorbreken.

309

00:22:27,600 --> 00:22:31,400
De Mauna Kea-sterrenwacht staat op de
hoogste bergtop in de Stille Oceaan

310

00:22:31,480 --> 00:22:34,960
4200 meter boven zeeniveau.

311

00:22:36,960 --> 00:22:41,120
Op de stranden van Hawaï genieten
toeristen van zon en water.

312

00:22:41,200 --> 00:22:44,520
Maar hoog boven hen kampen sterrenkundigen
met ijskoude temperaturen

313

00:22:44,600 --> 00:22:51,160
en hoogteziekte, en dat allemaal om de
raadsels van het heelal op te lossen.

314

00:22:51,240 --> 00:22:54,120
De Keck-telescopen behoren tot
de grootste ter wereld.

315

00:22:54,200 --> 00:22:59,120
Hun spiegels hebben een middellijn
van tien meter en zijn uiterst dun.

316

00:22:59,200 --> 00:23:04,040
Ze bestaan uit 36 zeshoekige segmenten die
als badkamertegeltjes tegen elkaar liggen

317

00:23:04,120 --> 00:23:07,480
en tot op de miljoenste millimeter
nauwkeurig in positie worden gehouden.

318

00:23:07,560 --> 00:23:11,200
Dit zijn echte reuzen, toegewijd
aan het waarnemen van de hemel.

319

00:23:11,280 --> 00:23:14,120
De kathedralen van de wetenschap.

320

00:23:14,200 --> 00:23:16,600
De avond valt op Mauna Kea.

321

00:23:16,680 --> 00:23:21,720
De Keck-telescopen beginnen fotonen te
verzamelen uit alle uithoeken van de kosmos.

322

00:23:21,800 --> 00:23:24,520
Hun beide spiegels samen zijn
effectief groter.

323

00:23:24,600 --> 00:23:27,440
dan al hun voorgangers bij elkaar.

324
00:23:27,520 --> 00:23:30,360
Wat zal de vangst van vannacht zijn?

325
00:23:34,680 --> 00:23:39,520
Een stel botsende sterrenstelsels,
miljarden lichtjaren hiervandaan?

326
00:23:39,600 --> 00:23:45,320
Een stervende ster die zijn laatste adem
uitstoot in de vorm van een planetaire nevel?

327
00:23:45,400 --> 00:23:51,040
Of misschien een planeet bij een
andere ster waar leven kan zijn?

328
00:23:51,120 --> 00:23:55,920
Op Cerro Paranal in de Chileense Atacama-
woestijn - de droogste plek op aarde -

329
00:23:55,960 --> 00:24:00,040
komen we verreweg de grootste
sterrenkundige machine tegen:

330
00:24:00,120 --> 00:24:03,560
de Europese Very Large Telescope.

331
00:24:16,200 --> 00:24:19,520
De VLT bestaat eigenlijk uit vier telescopen.

332
00:24:19,600 --> 00:24:22,760
Elk hebben ze een spiegel van 8,2 meter.

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
Woorden die de Mapuche-indianen gebruiken

voor de zon, de maan, het Zuiderkruis en Venus.

338

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

De enorme spiegels werden gegoten in Duitsland,
gepolijst in Frankrijk, naar Chili verscheept

339

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

en toen langzaam door de
woestijn getransporteerd.

340

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

Bij zonsondergang gaat het
telescoopgebouw open.

341

00:24:45,040 --> 00:24:48,560

Sterlicht regent neer op
de VLT-spiegels.

342

00:24:49,280 --> 00:24:52,080

Nieuwe ontdekkingen worden gedaan.

343

00:24:55,920 --> 00:24:58,160

Een laserbundel boort zich in de nachthemel.

344

00:24:58,240 --> 00:25:00,680

Hij projecteert een kunstmatige
ster aan de hemel

345

00:25:00,760 --> 00:25:03,840

90 kilometer boven onze hoofden.

346

00:25:03,920 --> 00:25:06,920

Golffrontsensoren meten hoe het
beeld van de ster vervormd is

347

00:25:06,960 --> 00:25:09,120

door atmosferische turbulentie.

348

00:25:09,200 --> 00:25:12,960

Vervolgens vertellen snelle computers
de flexibele spiegel hoe hij zijn vorm

349

00:25:13,040 --> 00:25:15,800

moet aanpassen om de gemeten
vervorming te corrigeren.

350

00:25:15,880 --> 00:25:18,960

Zo ga je het twinkelen van de sterren tegen.

351

00:25:19,040 --> 00:25:22,600
Dit wordt 'adaptieve optiek' genoemd -
het is de grote goocheltruc

352
00:25:22,680 --> 00:25:24,320
van de moderne sterrenkunde.

353
00:25:24,400 --> 00:25:28,840
Zonder deze techniek zou ons beeld van
het heelal vervagen door de atmosfeer.

354
00:25:28,920 --> 00:25:32,880
Maar nu zijn de beelden haarscherp.

355
00:25:35,480 --> 00:25:39,480
Een ander optisch goochelkunstje
is de zogeheten interferometrie.

356
00:25:39,560 --> 00:25:43,360
Het idee is om het licht van twee
afzonderlijke telescopen zodanig

357
00:25:43,440 --> 00:25:46,640
in één punt bij elkaar te brengen,
dat de relatieve verschuivingen

358
00:25:46,720 --> 00:25:49,320
tussen de lichtgolven behouden blijven.

359
00:25:49,400 --> 00:25:53,160
Als dit maar nauwkeurig genoeg gebeurt,
is het resultaat dat de beide telescopen

360
00:25:53,240 --> 00:25:56,600
zich gedragen alsof ze deel uitmaken
van één kolossale spiegel

361
00:25:56,680 --> 00:25:59,920
ter grootte van hun onderlinge afstand.

362
00:25:59,960 --> 00:26:04,040
Interferometrie geeft de telescoop
als het ware arendsogen.

363
00:26:04,120 --> 00:26:07,600
Het stelt kleinere telescopen in staat
om details zichtbaar te maken die

364
00:26:07,680 --> 00:26:12,440
anders alleen met een veel grotere

telescoop waarneembaar zouden zijn.

365

00:26:12,520 --> 00:26:15,600

De twee Keck-telescopen op
Mauna Kea werken vaak samen

366

00:26:15,680 --> 00:26:17,520

als een interferometer.

367

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

In het geval van de VLT kunnen alle
vier de telescopen samenwerken.

368

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

Daarnaast kunnen ook enkele
kleinere hulptelescopen

369

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

aan het systeem worden toegevoegd om
het beeld nog verder te verscherpen.

370

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

Er zijn nog veel meer grote telescopen.

371

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

Subaru en Gemini North op de Mauna Kea.

372

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

Gemini South en de Magellan-telescopen in Chili.

373

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

De Large Binocular Telescope in Arizona.

374

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

Ze staan allemaal op de beste
waarneemlocaties die we kennen.

375

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

Hoog en droog, helder en donker.

376

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

Met 'ogen' zo groot
als zwembaden.

377

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

Allemaal voorzien van adaptieve optiek
om de vervagende werking

378

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

van de atmosfeer tegen te gaan.

379

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

En soms met het scheidend vermogen
van een virtuele reuzentelescoop

380

00:27:06,040 --> 00:27:08,640

dankzij de interferometrie.

381

00:27:09,680 --> 00:27:11,800

Dit is wat zij ons laten zien.

382

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

Planeten.

383

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

Nevels.

384

00:27:19,360 --> 00:27:23,960

De werkelijke afmetingen - en platgedrukte
vormen - van sommige sterren.

385

00:27:23,960 --> 00:27:27,160

Een koele planeet die om een
bruine dwergster draait.

386

00:27:27,200 --> 00:27:31,480

En reuzensterren die rond de kern
van ons Melkwegstelsel zwermen

387

00:27:31,600 --> 00:27:36,720

onder invloed van de zwaartekracht
van een superzwaar zwart gat.

388

00:27:36,840 --> 00:27:40,400

Er is veel veranderd sinds
de dagen van Galilei.

389

00:27:40,000 --> 00:27:44,760

4. Van zilver naar silicium

390

00:27:45,840 --> 00:27:49,000

Toen Galileo Galilei 400 jaar geleden
anderen wilde tonen wat hij

391

00:27:49,120 --> 00:27:53,000

door zijn telescoop zag,
moest hij tekeningen maken.

392

00:27:53,120 --> 00:27:56,240
Het pokdalige uiterlijk
van de maan.

393
00:27:56,360 --> 00:28:00,400
De dans van de Jupitermanen.

394
00:28:00,520 --> 00:28:02,160
Zonnevlekken.

395
00:28:02,280 --> 00:28:04,160
Of de sterren in Orion.

396
00:28:04,280 --> 00:28:06,720
Die tekeningen verzamelde en publiceerde
hij in een dun boekje

397
00:28:06,760 --> 00:28:08,400
'De Sterrenbode'.

398
00:28:08,440 --> 00:28:10,800
Dat was de enige manier waarop
hij zijn ontdekkingen kon delen

399
00:28:10,920 --> 00:28:12,400
met anderen.

400
00:28:12,440 --> 00:28:16,640
Meer dan twee eeuwen lang moesten
sterrenkundigen ook kunstenaars zijn.

401
00:28:16,760 --> 00:28:19,000
Turend door hun telescopen
maakten zij gedetailleerde

402
00:28:19,120 --> 00:28:20,960
tekeningen van wat
zij zagen.

403
00:28:21,040 --> 00:28:23,080
Het grimmige landschap
van de maan.

404
00:28:23,200 --> 00:28:25,960
Een wervelstorm in de atmosfeer
van Jupiter.

405
00:28:26,040 --> 00:28:29,000
De subtiele sluier van gas
van een verre nevel.

406

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

En soms zagen ze ook dingen
die er niet echt waren.

407

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

Donkere, rechte structuren op Mars
werden aangezien voor kanalen

408

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

wat suggereerde dat er intelligent
leven op die planeet was.

409

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

Nu weten we dat die 'kanalen'
op gezichtsbedrog berustten.

410

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

Wat sterrenkundigen echt nodig hadden,
was een objectieve manier om het licht

411

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

dat met telescopen was verzameld, vast
te leggen zonder dat de informatie eerst

412

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

langs hun hersenen en
hun tekenpen moest gaan.

413

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

De fotografie was de redding.

414

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

De eerste daguerreotype
van de maan.

415

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

Hij is in 1840 gemaakt
door Henry Draper.

416

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

De fotografie bestond nog geen
15 jaar, maar sterrenkundigen

417

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

hadden de revolutionaire mogelijkheden
ervan al benut.

418

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

Maar hoe werkte die fotografie?

419

00:29:13,120 --> 00:29:17,160
Wel, de gevoelige emulsie van
een fotografische plaat bevatte

420

00:29:17,280 --> 00:29:19,400
kleine korreltjes zilverhalide.

421

00:29:19,440 --> 00:29:22,160
Als je deze aan licht blootstelt,
kleuren ze donker.

422

00:29:22,200 --> 00:29:24,800
Het resultaat was dus een negatieve
afbeelding van de hemel

423

00:29:24,920 --> 00:29:28,080
met donkere sterren op
een lichte achtergrond.

424

00:29:28,200 --> 00:29:31,560
Het grote voordeel was dat
een fotografische plaat

425

00:29:31,680 --> 00:29:33,960
uren achter elkaar kan worden belicht.

426

00:29:34,040 --> 00:29:36,720
Als je met je ogen naar de
nachthemel kijkt

427

00:29:36,760 --> 00:29:39,640
en aan het donker gewend bent,
zie je niet steeds meer sterren

428

00:29:39,680 --> 00:29:42,320
door maar langer te blijven kijken.

429

00:29:42,440 --> 00:29:45,240
Maar dat is precies wat met een
fotografische plaat wél kan.

430

00:29:45,360 --> 00:29:48,480
Daarmee kun je uren achtereen
licht blijven verzamelen.

431

00:29:48,600 --> 00:29:52,880
En hoe langer je belicht, des te
meer sterren verschijnen er.

432

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

En meer.

433

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

En meer.

434

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

En nog meer.

435

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

In de jaren vijftig werd de Schmidt-
telescoop van de Palomar-sterrenwacht

436

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

gebruikt om de hele noordelijke
hemel te fotograferen.

437

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

Bijna 2000 fotografische platen
werden elk bijna een uur belicht.

438

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

Een sterrenkundige goudmijn.

439

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

De fotografie maakte de observationele
sterrenkunde tot een echte wetenschap.

440

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

Objectief, meetbaar
en reproduceerbaar.

441

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

Maar zilver was langzaam.

442

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

Er was geduld voor nodig.

443

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

De digitale revolutie bracht
daar verandering in.

444

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

Zilver werd vervangen door silicium.

445

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

Korrels maakten plaats voor pixels.

446

00:30:36,360 --> 00:30:40,000
Zelfs in consumentencamera's wordt geen
fotografische film meer gebruikt.

447
00:30:40,120 --> 00:30:43,560
De beelden worden nu vastgelegd
op een lichtgevoelige chip:

448
00:30:43,600 --> 00:30:47,800
Een 'charge-coupled device'
of kortweg ccd.

449
00:30:47,920 --> 00:30:51,560
Professionele ccd's zijn
enorm efficiënt.

450
00:30:51,680 --> 00:30:54,640
En om hen nog gevoeliger te maken, worden
ze met vloeibare stikstof afgekoeld

451
00:30:54,680 --> 00:30:57,960
tot ver onder het vriespunt.

452
00:30:58,040 --> 00:31:00,720
Bijna elk foton wordt vastgelegd.

453
00:31:00,760 --> 00:31:05,640
Hierdoor kunnen de belichtingstijden
veel korter zijn.

454
00:31:05,760 --> 00:31:09,480
Wat bij de hemelverkenning van de
Palomar-sterrenwacht een uur duurde

455
00:31:09,600 --> 00:31:13,160
doet een ccd nu in slechts
een paar minuten.

456
00:31:13,200 --> 00:31:15,560
En dat met een kleinere telescoop.

457
00:31:15,600 --> 00:31:18,080
De silicium-revolutie is ook
nog lang niet ten einde.

458
00:31:18,200 --> 00:31:21,080
Sterrenkundigen hebben enorme
ccd-camera's gebouwd

459
00:31:21,200 --> 00:31:23,560

met honderden miljoenen pixels.

460

00:31:23,600 --> 00:31:26,320

En daar blijft het niet bij.

461

00:31:28,120 --> 00:31:32,560

Het grote voordeel van digitale beelden is dat ze, nu ja, digitaal zijn.

462

00:31:32,600 --> 00:31:35,800

Daardoor kun je ze direct al met een computer verwerken.

463

00:31:35,840 --> 00:31:38,800

Sterrenkundigen gebruiken speciale software om hun waarnemingen

464

00:31:38,840 --> 00:31:40,880

van de hemel uit te werken.

465

00:31:40,880 --> 00:31:45,080

Door het beeldcontrast te vergroten verschijnen de zwakste structuren

466

00:31:45,200 --> 00:31:47,640

van nevels en sterrenstelsels.

467

00:31:47,760 --> 00:31:51,240

Door de beelden in te kleuren kunnen details zichtbaar worden gemaakt die

468

00:31:51,280 --> 00:31:53,640

anders maar moeilijk te zien zouden zijn.

469

00:31:53,680 --> 00:31:57,880

Bovendien kunnen meerdere opnamen van hetzelfde object die

470

00:31:57,920 --> 00:32:00,400

door verschillende kleurfilters zijn gemaakt, worden gecombineerd tot

471

00:32:00,520 --> 00:32:04,320

spectaculaire eindresultaten die je bijna

472

00:32:04,440 --> 00:32:06,720

kunstwerkjes kunt noemen.

473

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

Ook jij kunt profiteren van
de digitale sterrenkunde.

474

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

Het is nog nooit zo makkelijk geweest
om aan de meest schitterende beelden

475

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

van de kosmos te komen.

476

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

Foto's van het heelal zijn nooit
verder weg dan een muisklik!

477

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

Robottelescopen, uitgerust met gevoelige
elektronische detectors

478

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

houden voortdurend de hemel in
de gaten.

479

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

De Sloan-telescoop in New Mexico
heeft meer dan honderd miljoen

480

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

hemelobjecten gefotografeerd en
gecatalogiseerd

481

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

de afstanden van een miljoen
sterrenstelsels gemeten en

482

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

honderdduizend nieuwe quasars ontdekt.

483

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

Maar één hemelverkenning is niet genoeg.

484

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

Het heelal verandert voortdurend.

485

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

IJzige kometen komen en gaan,
en laten daarbij

486

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

het nodige puin achter.

487

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

Planetoïden zoeven langs.

488

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

Verre planeten bij andere sterren
bedekken soms met grote regelmaat

489

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

een klein stukje van hun ster,
waardoor deze een beetje afzwakt.

490

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

Supernova's exploderen, terwijl
elders nieuwe sterren geboren worden.

491

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

Pulsars knippen, gammaflitsen gaan af,
zwarte gaten slokken materie op.

492

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

Om al deze vertoningen van Moeder Natuur
in de gaten te houden, willen

493

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

sterrenkundigen elk jaar wel de hele
hemel in beeld brengen.

494

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

Of elke maand.

495

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

Of twee keer per week.

496

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

Dat is althans het ambitieuze doel van
de Large Synoptic Survey Telescope.

497

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

Als deze in 2015 voltooid is, zal zijn
3-gigapixel camera een nieuw venster

498

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

op het heelal openen.

499

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

Deze spiegeltelescoop zal de droom van
sterrenkundigen meer dan doen uitkomen

500

00:33:46,040 --> 00:33:51,080
en elke drie nachten bijna de
complete hemel fotograferen.

501

00:33:56,000 --> 00:34:00,760
5. Het onzichtbare zien

502

00:34:02,360 --> 00:34:05,080
Als je naar je favoriete muziek
luistert, ontvangen je oren

503

00:34:05,160 --> 00:34:08,800
een breed scala van frequenties:
van het diepste gebrom van de

504

00:34:08,920 --> 00:34:12,120
bas tot de allerhoogste vibraties.

505

00:34:12,200 --> 00:34:14,960
Stel je nu eens voor dat je oren
alleen gevoelig waren voor een

506

00:34:15,360 --> 00:34:16,920
zeer beperk frequentiebereik.

507

00:34:16,960 --> 00:34:19,520
Dan zou je veel van al
dat moois missen!

508

00:34:19,600 --> 00:34:23,000
En dat is precies de situatie waarmee
sterrenkundigen te kampen hebben.

509

00:34:23,080 --> 00:34:26,160
Onze ogen zijn alleen gevoelig
voor een zeer smal bereik

510

00:34:26,240 --> 00:34:29,000
van lichtfrequenties:
zichtbaar licht.

511

00:34:29,080 --> 00:34:31,560
We zijn volkomen blind
voor alle andere vormen

512

00:34:31,640 --> 00:34:33,600
van elektromagnetische straling.

513

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

Er zijn echter veel objecten
in het heelal die straling

514

00:34:36,720 --> 00:34:39,960
uitzenden in andere delen van
het elektromagnetische spectrum.

515

00:34:40,040 --> 00:34:43,760
Zo werd in de jaren dertig
bij toeval ontdekt dat

516

00:34:43,840 --> 00:34:47,240
er radiogolven uit de diepten
van het heelal komen.

517

00:34:47,320 --> 00:34:49,960
Sommige van deze golven hebben dezelfde
frequentie als je favoriete

518

00:34:50,040 --> 00:34:53,160
radiostation, maar ze zijn veel
zwakker en natuurlijk zenden ze

519

00:34:53,240 --> 00:34:55,280
geen programma's uit.

520

00:34:56,520 --> 00:34:59,960
Om op het radioheelal 'af te stemmen',
heb je een speciale ontvanger nodig:

521

00:35:00,040 --> 00:35:02,560
Een radiotelescoop.

522

00:35:02,680 --> 00:35:06,960
Voor alle behalve de langste golflengten
is een radiotelescoop gewoon een schotel.

523

00:35:07,040 --> 00:35:10,080
Deze lijkt veel op de grote spiegel
van een optische telescoop.

524

00:35:10,200 --> 00:35:14,400
Maar omdat radiogolven zo veel langer
zijn dan golven zichtbaar licht

525

00:35:14,440 --> 00:35:17,240
hoeft het oppervlak van een schotel
lang niet zo gelijkmatig te zijn

526

00:35:17,360 --> 00:35:19,000

als het oppervlak van een spiegel.

527

00:35:19,120 --> 00:35:21,640

Daarom laat een grote radiotelescoop
zich veel makkelijker bouwen

528

00:35:21,680 --> 00:35:26,800

dan een grote optische telescoop.

529

00:35:26,840 --> 00:35:30,960

Op radiogolflengten is ook
interferometrie veel gemakkelijker.

530

00:35:30,960 --> 00:35:34,080

Dat wil zeggen: het waarnemen
van meer details door

531

00:35:34,120 --> 00:35:37,960

het licht van twee afzonderlijke
telescopen zodanig te combineren

532

00:35:38,040 --> 00:35:41,560

dat het lijkt of zij deel uitmaken
van één reusachtige schotel.

533

00:35:41,600 --> 00:35:44,640

De Very Large Array in New Mexico,
bijvoorbeeld, bestaat uit

534

00:35:44,680 --> 00:35:49,720

27 afzonderlijke antennes, elk
met een middellijn van 25 meter.

535

00:35:49,760 --> 00:35:52,960

Elk van deze antennes kan apart
worden bewogen, en in

536

00:35:53,040 --> 00:35:56,400

zijn meest uitgestrekte configuratie
is de virtuele schotel die door

537

00:35:56,520 --> 00:36:00,800

deze opstelling wordt nagebootst
maar liefst 36 kilometer groot.

538

00:36:00,920 --> 00:36:03,560

Hoe ziet het heelal er nu
uit op radiogolflengten?

539

00:36:03,680 --> 00:36:08,000

Wel, om te beginnen is onze zon een sterke bron van radiostraling.

540

00:36:08,120 --> 00:36:10,720

Datzelfde geldt ook voor de kern van ons Melkwegstelsel.

541

00:36:10,760 --> 00:36:12,400

Maar er is meer.

542

00:36:12,520 --> 00:36:16,480

Pulsars zijn zeer compacte restanten van sterren die radiogolven uitzenden

543

00:36:16,520 --> 00:36:18,640

in de vorm van een smalle bundel.

544

00:36:18,680 --> 00:36:21,800

Tegelijkertijd draaien ze met een snelheid van soms wel honderden

545

00:36:21,840 --> 00:36:23,720

omwentelingen per seconden rond.

546

00:36:23,760 --> 00:36:27,800

Hierdoor lijkt een pulsar nog het meest op een radiovuurtoren.

547

00:36:27,920 --> 00:36:31,320

Wat we van zo'n pulsar te zien krijgen, is een zeer regelmatige

548

00:36:31,360 --> 00:36:34,320

en snelle reeks van zeer korte radiopulsen.

549

00:36:34,440 --> 00:36:36,640

Vandaar de naam.

550

00:36:36,680 --> 00:36:39,320

De radiobron die bekendstaat als Cassiopeia A is in werkelijkheid

551

00:36:39,440 --> 00:36:43,640

het restant van een supernova die in de 17de eeuw ontploft is.

552

00:36:43,680 --> 00:36:48,240

Centaurus A, Cygnus A en Virgo A zijn voorbeelden van enorme sterrenstelsels

553

00:36:48,280 --> 00:36:50,640

die enorme hoeveelheden
radiostraling uitstoten.

554

00:36:50,680 --> 00:36:55,960

Elk van deze stelsels wordt aangedreven
door een zwaar zwart gat in zijn kern.

555

00:36:56,040 --> 00:37:00,000

Sommige van deze radiostelsels
en quasars zijn zo krachtig dat

556

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

hun signalen tot op afstanden van
10 miljard lichtjaar detecteerbaar zijn.

557

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

En dan is er nog de zwakke,
relatief kortgolvlige radioruis

558

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

die het hele heelal vult.

559

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

Deze wordt de kosmische
achtergrondstraling genoemd.

560

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

Dat is de echo
van de oerknal.

561

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

De nagloeiing van het hete
begin van het heelal.

562

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

Elk stukje van het spectrum
vertelt zijn eigen verhaal.

563

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

Op golflengten van millimeters en
minder bestuderen sterrenkundigen

564

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

het ontstaan van sterrenstelsels in
het vroege heelal en de vorming van

565

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

sterren en planeten in

ons eigen Melkwegstelsel.

566

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

Maar deze straling wordt tegengehouden door de waterdamp in onze atmosfeer.

567

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

Om haar te kunnen waarnemen, moet je hoog en droog gaan zitten.

568

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

Op Llano de Chajnantor bijvoorbeeld.

569

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

Deze surrealistische hoogvlakte, op vijf kilometer boven zeeniveau

570

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

in het noorden van Chili is de bouwlocatie van ALMA:

571

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

De Atacama Large Millimeter Array.

572

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

Als ALMA in 2014 voltooid is, zal zij de grootste sterrenwacht

573

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

aller tijden zijn.

574

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

De 64 antennes van elk 100 ton zullen als één instrument functioneren.

575

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

Enorme vrachtwagens zullen hen verspreiden over een gebied ter

576

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

grootte van Londen om veel details te kunnen zien of juist dicht bij

577

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

elkaar zetten om een groter beeldveld te realiseren.

578

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

Elke verplaatsing moet tot op de millimeter nauwkeurig gebeuren.

579

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

Veel objecten in het heelal
gloeien ook in het infrarood.

580

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

De door William Herschel ontdekte
infraroodstraling wordt vaak ook

581

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

'warmtestraling' genoemd, omdat zij
door alle relatief warme objecten wordt

582

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

uitgezonden - ook door onszelf.

583

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

Je bent misschien bekender met
infraroodstraling dan je denkt.

584

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

Want op aarde wordt dit soort
straling gebruikt door

585

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

nachtkijkers en beveiligingscamera's.

586

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

Maar om de zwakke infraroodgloed van
verre objecten te detecteren, hebben

587

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

sterrenkundigen zeer gevoelige
detectors nodig die tot op enkele

588

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

graden boven het absolute nulpunt
worden afgekoeld.

589

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

Bijna alle grote optische telescopen
zijn met infraroodcamera's uitgerust.

590

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

Daarmee kun je dwars door een
kosmische stofwolk heen kijken

591

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

en de pasgeboren sterren daarbinnen
zien - wat in zichtbaar licht niet lukt.

592

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

Kijk bijvoorbeeld eens naar deze foto van het stervormingsgebied in Orion.

593

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

En kijk nu hoe anders dit er uitziet als je het met een

594

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

infraroodcamera bekijkt!

595

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

Infrarood-ogen komen ook goed van pas bij het bestuderen van

596

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

de verste sterrenstelsels.

597

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

De pasgeboren sterren in een jong stelsel zenden veel ultraviolette straling uit.

598

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

Maar deze ultraviolette straling is miljarden jaren naar ons onderweg

599

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

in een heelal dat uitdijt.

600

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

Deze uitdijing rekt de lichtgolven zo ver uit, dat tegen de tijd dat we ze

601

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

ontvangen, ze helemaal naar het nabij-infrarood zijn opgeschoven.

602

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

Dit stijlvolle instrument is de MAGIC-telescoop op La Palma.

603

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

Het speurt de hemel af naar kosmische gammastraling

604

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

de meest energierijke vorm van straling die er bestaat.

605

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

Gelukkig voor ons wordt deze dodelijke
gammastraling tegengehouden door

606

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

de aardatmosfeer.

607

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

Maar deze straling laat wel sporen
achter die onderzocht kunnen worden.

608

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

Als gammastraling de atmosfeer binnenkomt,
veroorzaakt zij lawines van

609

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

energierijke deeltjes.

610

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

Deze deeltjes zenden op hun beurt een
zwakke gloed uit die MAGIC kan zien.

611

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

En dit is het Pierre Auger
Observatorium in Argentinië.

612

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

Het lijkt in de verste verte
niet op een telescoop.

613

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

Pierre Auger bestaat uit 1600
detectors, verspreid over 3000

614

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

vierkante kilometer.

615

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

Deze vangen de deeltjes uit de
kosmische straling op die

616

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

afkomstig zijn van verre supernova's
en zwarte gaten.

617

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

En dan zijn er ook nog de neutrino-
detectors in diepe mijnen, op de

618

00:40:52,520 --> 00:40:55,720
zeebodem en in het ijs
van Antarctica.

619
00:40:55,840 --> 00:40:57,880
Zou je dat telescopen kunnen noemen?

620
00:40:57,960 --> 00:40:59,400
Ach, waarom niet?

621
00:40:59,520 --> 00:41:03,800
Ze kijken immers naar het heelal,
zelfs al verzamelen ze daarbij

622
00:41:03,840 --> 00:41:06,080
geen elektromagnetische straling.

623
00:41:06,120 --> 00:41:09,880
Neutrino's zijn ongrijpbare deeltjes
die uit de zon en bij

624
00:41:09,960 --> 00:41:12,240
supernova-explosies vrijkomen.

625
00:41:12,360 --> 00:41:15,800
Ze werden ook geproduceerd
bij de oerknal.

626
00:41:15,920 --> 00:41:20,640
Anders dan andere elementaire deeltjes
gaan neutrino's dwars door gewone

627
00:41:20,680 --> 00:41:25,640
materie heen, bewegen ze bijna met de
lichtsnelheid en hebben ze geen lading.

628
00:41:25,760 --> 00:41:30,240
Hoewel deze deeltjes zich maar moeilijk
laten onderzoeken, zijn het er heel veel.

629
00:41:30,280 --> 00:41:34,160
Er gaan per seconde meer dan 50 biljoen
elektron-neutrino's van de zon

630
00:41:34,200 --> 00:41:36,560
door je heen.

631
00:41:36,680 --> 00:41:40,800
En ten slotte bouwen sterrenkundigen en
natuurkundigen ook nog detectors

632

00:41:40,920 --> 00:41:42,640

van zwaartekrachtstraling.

633

00:41:42,680 --> 00:41:46,640

Deze 'telescopen' nemen geen straling waar; ze vangen zelfs geen deeltjes.

634

00:41:46,680 --> 00:41:51,240

In plaats daarvan meten ze kleine rimpelingen in de structuur van de

635

00:41:51,280 --> 00:41:56,960

ruimtetijd, zoals die voorspeld zijn door Einsteins relativiteitstheorie.

636

00:41:57,040 --> 00:42:01,160

Met de meest uiteenlopende instrumenten hebben sterrenkundigen het hele

637

00:42:01,200 --> 00:42:06,960

elektromagnetische spectrum ontsloten - zelfs nog meer dan dat.

638

00:42:07,040 --> 00:42:11,240

Maar sommige waarnemingen kunnen gewoon niet vanaf de aarde worden gedaan.

639

00:42:11,280 --> 00:42:12,800

De oplossing?

640

00:42:12,920 --> 00:42:15,240

Ruimtetelescopen.

641

00:42:22,000 --> 00:42:26,560

6. Weg van de aarde

642

00:42:28,560 --> 00:42:30,400

De Hubble-ruimtetelescoop.

643

00:42:30,480 --> 00:42:33,360

Dit is verreweg de beroemdste telescoop aller tijden.

644

00:42:33,440 --> 00:42:34,800

En niet zonder reden.

645

00:42:34,880 --> 00:42:38,560

Hubble heeft een revolutie veroorzaakt

op tal van sterrenkundige terreinen.

646

00:42:38,640 --> 00:42:42,040
Naar moderne maatstaven is de
spiegel van Hubble vrij klein.

647

00:42:42,120 --> 00:42:45,040
Hij heeft een middellijn
van slechts 2,4 meter.

648

00:42:45,120 --> 00:42:48,640
Maar zijn 'standplaats' is
nogal uitzonderlijk.

649

00:42:48,720 --> 00:42:52,360
Hoog boven de beeld-vervagende
aardatmosfeer heeft hij een onverstoord

650

00:42:52,440 --> 00:42:54,600
zicht op het heelal.

651

00:42:54,680 --> 00:42:59,360
En bovendien kan Hubble ook ultraviolette
en nabij-infrarode straling zien.

652

00:42:59,440 --> 00:43:02,480
Dit soort licht is met telescopen op
aarde niet waarneembaar, omdat het

653

00:43:02,560 --> 00:43:05,880
door de atmosfeer wordt tegengehouden.

654

00:43:05,960 --> 00:43:09,880
Camera's en spectrografen, waarvan sommige
ter grootte van een telefooncel

655

00:43:09,960 --> 00:43:14,600
ontleden en registreren het licht
uit de kosmische verten.

656

00:43:14,680 --> 00:43:19,320
Net als telescopen op aarde, krijgt
Hubble af en toe een upgrade.

657

00:43:19,400 --> 00:43:22,760
Deze onderhoudsbeurten worden
uitgevoerd door astronauten.

658

00:43:22,840 --> 00:43:24,440
Kapotte onderdelen worden gerepareerd.

659

00:43:24,520 --> 00:43:27,000

En oude instrumenten worden
vervangen door nieuwe en

660

00:43:27,080 --> 00:43:29,800

modernere exemplaren.

661

00:43:29,880 --> 00:43:33,280

Hubble is het werkpaard van de
observationele sterrenkunde geworden.

662

00:43:33,360 --> 00:43:37,240

Hij heeft ons een nieuwe kijk
op de kosmos gegeven.

663

00:43:39,840 --> 00:43:44,800

Met zijn scherpe oog zag Hubble de
seizoensveranderingen op Mars

664

00:43:45,920 --> 00:43:48,800

een komeetinslag op Jupiter

665

00:43:50,520 --> 00:43:53,880

de ringen van Saturnus van opzij

666

00:43:56,920 --> 00:44:00,400

en zelfs het oppervlak van Pluto.

667

00:44:00,480 --> 00:44:06,320

Hij heeft ons de levenscyclus van sterren
getoond, vanaf het moment van geboorte

668

00:44:06,600 --> 00:44:12,560

in de kraamkamers van stofrijke
gaswolken tot hun laatste ademstoten:

669

00:44:12,640 --> 00:44:17,800

delicate nevels, die door stervende
sterren de ruimte in worden geblazen

670

00:44:17,920 --> 00:44:24,960

of de enorme supernova-explosies, die hun
omringende sterrenstelsels bijna overstralen.

671

00:44:25,040 --> 00:44:28,960

Diep in de Orionnevel zag Hubble
zelfs de geboorte van nieuwe

672

00:44:29,040 --> 00:44:34,080
zonnestelsels: stofrijke schijven
rond jonge sterren waaruit spoedig

673
00:44:34,120 --> 00:44:36,080
planeten kunnen condenseren.

674
00:44:36,200 --> 00:44:40,320
De ruimtetelescoop bekeek ook duizenden
afzonderlijke sterren in grote bolhopen

675
00:44:40,440 --> 00:44:45,960
de oudste verzamelingen van
sterren in het heelal.

676
00:44:46,040 --> 00:44:48,320
En sterrenstelsels natuurlijk.

677
00:44:48,440 --> 00:44:51,960
Nooit eerder zagen sterrenkundigen
zulke detailrijke beelden.

678
00:44:51,960 --> 00:44:58,800
Imposante spiralen, donkere stofbanden,
kolossale botsingen.

679
00:45:01,040 --> 00:45:05,480
Extreem lang belichte opnamen van
'lege' hemelgebieden bleken zelfs

680
00:45:05,520 --> 00:45:10,080
nog duizenden zwakke sterrenstelsels
op miljarden lichtjaren te vertonen.

681
00:45:10,120 --> 00:45:13,960
Hun fotonen werden uitgezonden
toen het heelal nog jong was.

682
00:45:14,040 --> 00:45:18,400
Een venster op het verre verleden,
dat een nieuwe kijk geeft op het

683
00:45:18,440 --> 00:45:21,560
alsmaar veranderende heelal.

684
00:45:22,200 --> 00:45:24,880
Hubble is niet de enige
telescoop in de ruimte.

685
00:45:24,920 --> 00:45:29,800

Dit is de Spitzer-ruimtetelescoop, die de NASA in augustus 2003 lanceerde.

686

00:45:29,920 --> 00:45:33,720

Eigenlijk is dit Hubble's kleinere infrarood-broertje.

687

00:45:33,760 --> 00:45:37,960

Spitzer heeft een spiegel met een middellijn van slechts 85 centimeter.

688

00:45:37,960 --> 00:45:41,080

De telescoop is voorzien van een warmteschild dat hem

689

00:45:41,200 --> 00:45:42,480

tegen de zon beschermt.

690

00:45:42,520 --> 00:45:47,160

En zijn detectors zitten in een soort thermosfles met vloeibare helium.

691

00:45:47,200 --> 00:45:50,080

Daarin worden de detectors afgekoeld tot slechts enkele graden

692

00:45:50,200 --> 00:45:51,800

boven het absolute nulpunt.

693

00:45:51,920 --> 00:45:55,560

Dat maakt ze heel erg gevoelig.

694

00:45:55,680 --> 00:45:58,720

Spitzer laat zien hoe stoffig het heelal is.

695

00:45:58,760 --> 00:46:02,560

Donkere, ondoorzichtige stofwolken gloeien in het infrarood als

696

00:46:02,680 --> 00:46:04,560

ze van binnen worden verhit.

697

00:46:04,600 --> 00:46:08,720

De schokgolven van botsende stelsels vegen het stof bijeen tot opvallende

698

00:46:08,760 --> 00:46:13,480

ringen waarin in hoog tempo vele nieuwe sterren ontstaan.

699

00:46:15,520 --> 00:46:19,080

Stof komt ook vrij bij
de dood van een ster.

700

00:46:19,200 --> 00:46:23,080

Spitzer heeft ontdekt dat planetaire
nevels en supernova-resten rijk zijn

701

00:46:23,200 --> 00:46:28,320

aan stofdeeltjes - de eerste vereiste
voor de vorming van toekomstige planeten.

702

00:46:28,440 --> 00:46:32,080

Op andere infrarode golflengten kan
Spitzer ook dwars door stofwolken

703

00:46:32,200 --> 00:46:37,720

heen kijken en de sterren zien die
zich in hun donkere kernen verbergen.

704

00:46:37,840 --> 00:46:40,960

En ten slotte hebben Spitzers
spectrografen ook de atmosferen

705

00:46:40,960 --> 00:46:44,880

van planeten bij andere sterren
onderzocht - gasreuzen zoals Jupiter

706

00:46:44,920 --> 00:46:48,880

die in slechts enkele dagen om
hun moedersterren draaien.

707

00:46:50,680 --> 00:46:52,880

En hoe zit het met röntgen-
en gammastraling?

708

00:46:52,920 --> 00:46:55,560

Ook die worden volledig tegengehouden
door de atmosfeer van de aarde.

709

00:46:55,680 --> 00:46:59,160

Zonder ruimtetelescopen zouden
sterrenkundigen dus volkomen

710

00:46:59,200 --> 00:47:02,080

blind zijn voor deze energierijke
soorten straling.

711

00:47:03,680 --> 00:47:07,080

Röntgen- en gammatelescopen in de ruimte

tonen ons het hete, energierijke

712

00:47:07,120 --> 00:47:11,800
en helse heelal van clusters van
sterrenstelsels, zwarte gaten

713

00:47:11,840 --> 00:47:16,080
supernova-explosies en
botsende sterrenstelsels.

714

00:47:18,760 --> 00:47:20,840
Maar ze zijn niet makkelijk te maken.

715

00:47:20,920 --> 00:47:24,440
Energierijke straling gaat dwars
door een gewone spiegel heen.

716

00:47:24,520 --> 00:47:29,680
Röntgenstraling laat zich alleen opvangen
met speciale spiegels van zuiver goud.

717

00:47:29,760 --> 00:47:33,120
En gammastraling wordt bekeken met
geavanceerde gaatjescamera's

718

00:47:33,200 --> 00:47:36,560
of met scintillators die een kort
lichtflitsje afgeven als ze door

719

00:47:36,640 --> 00:47:39,680
een gammafoton worden getroffen.

720

00:47:40,960 --> 00:47:45,120
In de jaren negentig beschikte de NASA
over het Compton Gamma Ray Observatory.

721

00:47:45,200 --> 00:47:48,280
Dat was toen de grootste en
zwaarste wetenschappelijke

722

00:47:48,360 --> 00:47:49,880
satelliet die ooit gelanceerd was.

723

00:47:49,960 --> 00:47:53,120
Een compleet natuurkundig
laboratorium in de ruimte.

724

00:47:53,200 --> 00:47:56,480
In 2008 is Compton opgevolgd door GLAST:

725

00:47:56,560 --> 00:48:00,520

De Gamma Ray Large
Area Space Telescope.

726

00:48:00,600 --> 00:48:04,120

Deze zal alles in het energierijke
heelal bestuderen, van donkere

727

00:48:04,200 --> 00:48:06,520

materie tot pulsars.

728

00:48:08,440 --> 00:48:12,360

Inmiddels beschikken sterrenkundigen
over twee röntgentelescopen in de ruimte.

729

00:48:12,440 --> 00:48:17,400

NASA's Chandra X-ray Observatory
en ESA's XMM-Newton Observatory

730

00:48:17,480 --> 00:48:21,480

bestuderen beide de heetste
plekken in het heelal.

731

00:48:23,960 --> 00:48:27,680

Zo ziet de hemel eruit
door een röntgenbril.

732

00:48:27,760 --> 00:48:32,160

De grote structuren zijn hete gaswolken
met temperaturen van miljoenen graden

733

00:48:32,240 --> 00:48:35,680

die het gevolg zijn van schokgolven
in supernova-resten.

734

00:48:35,760 --> 00:48:39,960

De heldere puntbronnen zijn röntgen-
dubbelsterren: neutronensterren of

735

00:48:39,960 --> 00:48:43,640

zwarte gaten die materie van een
naburige ster opslokken.

736

00:48:43,720 --> 00:48:47,280

Dit hete, invallende gas zendt
röntgenstraling uit.

737

00:48:47,360 --> 00:48:51,560

Röntgentelescopen verraden ook het bestaan
van superzwarte zwarte gaten in

738

00:48:51,640 --> 00:48:53,760
de kernen van verre sterrenstelsels.

739

00:48:53,840 --> 00:48:57,800
Materie die naar zo'n zwart gat toe
spiraalt, wordt heet genoeg om

740

00:48:57,880 --> 00:49:02,160
röntgenstraling uit te zenden vóórdát
zij definitief uit het zicht verdwijnt.

741

00:49:02,240 --> 00:49:06,840
Ook de ruimte tussen de afzonderlijke
sterrenstelsels van een cluster

742

00:49:06,920 --> 00:49:08,320
is gevuld met ijl, heet gas.

743

00:49:08,400 --> 00:49:12,240
Soms wordt dit 'intraclustergas' nog
eens extra verhit als

744

00:49:12,320 --> 00:49:16,480
twee clusters op elkaar botsen.

745

00:49:16,560 --> 00:49:20,760
Nog opwindender zijn de gammaflitsen,
de meest energierijke verschijnselen

746

00:49:20,840 --> 00:49:22,600
in het heelal.

747

00:49:22,680 --> 00:49:26,920
Dit zijn de catastrofale explosies
van zeer zware, snel

748

00:49:26,960 --> 00:49:28,760
ronddraaiende sterren.

749

00:49:28,840 --> 00:49:32,760
In minder dan een seconde geven zij
meer energie af dan de zon in

750

00:49:32,840 --> 00:49:35,760
10 miljard jaar.

751

00:49:38,200 --> 00:49:42,160
Hubble, Spitzer, Chandra,

XMM-Newton en GLAST

752

00:49:42,240 --> 00:49:44,600

zijn veelzijdige reuzen.

753

00:49:44,680 --> 00:49:47,640

Maar sommige ruimtetelescopen zijn veel kleiner en hebben een veel

754

00:49:47,720 --> 00:49:49,240

specifiekere taak.

755

00:49:49,320 --> 00:49:51,280

Zoals COROT bijvoorbeeld.

756

00:49:51,360 --> 00:49:54,880

Deze Franse satelliet onderzoekt sterbevingen en speurt

757

00:49:54,960 --> 00:49:56,880

naar planeten bij andere sterren.

758

00:49:56,960 --> 00:50:01,240

Of NASA's Swift-satelliet, een combinatie van röntgen- en gammatelescoop

759

00:50:01,320 --> 00:50:05,720

ontworpen om het raadsel van de gammaflitsen op te lossen.

760

00:50:05,800 --> 00:50:10,160

En dan is er nog WMAP, de Wilkinson Microwave Anisotropy Probe.

761

00:50:10,240 --> 00:50:13,840

In iets meer dan twee jaar heeft deze de kosmische

762

00:50:13,920 --> 00:50:17,280

achtergrondstraling ongekend gedetailleerd in kaart gebracht.

763

00:50:17,360 --> 00:50:21,200

WMAP heeft kosmologen het tot nog toe beste zicht geboden op de begintijd

764

00:50:21,280 --> 00:50:26,680

van het heelal, meer dan 13 miljard jaar geleden.

765

00:50:26,760 --> 00:50:29,640

Het doorbreken van de ruimtebarrière
was een van de meest spectaculaire

766

00:50:29,720 --> 00:50:32,240

ontwikkelingen in de
geschiedenis van de telescoop.

767

00:50:32,320 --> 00:50:34,760

Wat staat ons verder nog te wachten?

768

00:50:37,800 --> 00:50:40,680

7. Wat volgt?

769

00:50:42,680 --> 00:50:45,480

In Arizona is de eerste spiegel
gegoten voor de

770

00:50:45,560 --> 00:50:47,400

Giant Magellan Telescope.

771

00:50:47,480 --> 00:50:50,680

Dit enorme instrument zal worden
gebouwd bij de Las Campanas

772

00:50:50,760 --> 00:50:52,360

sterrenwacht in Chili.

773

00:50:52,440 --> 00:50:56,040

Zijn zeven spiegels, elk meer
dan acht meter groot,

774

00:50:56,120 --> 00:50:59,200

zullen worden gerangschikt
als de blaadjes van een bloem.

775

00:50:59,280 --> 00:51:02,200

En samen zullen zij meer dan vier
keer zo veel licht

776

00:51:02,280 --> 00:51:05,799

opvangen dan de grootste
telescopen van dit moment.

777

00:51:05,880 --> 00:51:10,240

De Californian Thirty Meter Telescope,
die voor 2015 gepland is

778

00:51:10,320 --> 00:51:13,080

is meer een grotere versie
van de Keck-telescoop.

779

00:51:13,160 --> 00:51:16,360
Honderden afzonderlijke segmenten
vormen één enorme spiegel

780

00:51:16,440 --> 00:51:20,520
ter grootte van een flatgebouw
van zes verdiepingen.

781

00:51:20,600 --> 00:51:25,320
In Europa liggen plannen klaar voor
de European Extremely Large Telescope.

782

00:51:25,799 --> 00:51:29,160
Met een middellijn van 42 meter zal
zijn spiegel zo groot zijn als

783

00:51:29,240 --> 00:51:32,640
een Olympisch zwembad - tweemaal
het totale oppervlak van de

784

00:51:32,720 --> 00:51:34,840
Thirty Meter Telescope.

785

00:51:34,920 --> 00:51:39,400
Deze monsters van de toekomst, die
geoptimaliseerd zijn in het infrarood

786

00:51:39,480 --> 00:51:44,160
zullen met gevoelige instrumenten en
adaptieve optiek worden uitgerust.

787

00:51:44,240 --> 00:51:46,840
Met hen zouden de allereerste
sterrenstelsels en

788

00:51:46,920 --> 00:51:50,120
sterren in de geschiedenis van het
heelal zichtbaar moeten zijn.

789

00:51:50,200 --> 00:51:53,120
Bovendien zouden zij in staat
moeten zijn om de eerste foto's

790

00:51:53,200 --> 00:51:56,160
van een planeet in een ander
zonnestelsel te maken.

791

00:51:56,240 --> 00:52:00,000

Voor radio-astronomen
is 42 meter een schijntje.

792

00:52:00,080 --> 00:52:02,720

Zij zijn gewend om vele kleinere
instrumenten aan elkaar te koppelen

793

00:52:02,799 --> 00:52:05,080

om zo een enorm grote ontvanger
samen te stellen.

794

00:52:05,160 --> 00:52:08,799

In Nederland wordt op dit moment
de Low Frequency Array

795

00:52:08,880 --> 00:52:10,520

kortweg LOFAR gebouwd.

796

00:52:10,600 --> 00:52:15,840

Glasvezels zullen 30.000 antennes met
een centrale supercomputer verbinden.

797

00:52:15,920 --> 00:52:19,440

Het nieuwe ontwerp kent geen
bewegende delen, maar kan

798

00:52:19,520 --> 00:52:22,840

gelijktijdig in acht verschillende
richtingen kijken.

799

00:52:22,920 --> 00:52:26,120

De LOFAR-technologie zal waarschijnlijk
ook worden gebruikt bij de

800

00:52:26,200 --> 00:52:28,600

Square Kilometre Array, die nu
bovenaan het verlanglijstje van

801

00:52:28,680 --> 00:52:30,560

de radio-astronomen staat.

802

00:52:30,640 --> 00:52:34,640

Deze internationale array zal in
Australië of Zuid-Afrika worden gebouwd.

803

00:52:34,720 --> 00:52:38,560

Grote schotelantennes en kleine
ontvangers zullen gezamenlijk

804

00:52:38,640 --> 00:52:42,920
ongelooflijk gedetailleerde beelden
van de radiohemel maken.

805
00:52:43,000 --> 00:52:46,720
En met een totale oppervlakte van een
vierkante kilometer zal de

806
00:52:46,799 --> 00:52:50,440
nieuwe array verreweg de meest
gevoelige radiotelescoop

807
00:52:50,520 --> 00:52:52,920
zijn die ooit is gebouwd.

808
00:52:53,000 --> 00:52:58,040
Evoluerende sterrenstelsels, krachtige
quasars, knipperende pulsars

809
00:52:58,160 --> 00:53:01,799
geen radiobron zal veilig zijn
voor de spiedende blik

810
00:53:01,880 --> 00:53:04,760
van de Square Kilometre Array.

811
00:53:04,799 --> 00:53:08,280
Het instrument zal zelfs uitkijken
naar mogelijke radiosignalen van

812
00:53:08,360 --> 00:53:11,840
buitenaardse beschavingen.

813
00:53:11,920 --> 00:53:15,160
En in de ruimte?

814
00:53:15,240 --> 00:53:19,040
Wel, na zijn vijfde en laatste
onderhoudsbeurt zal de Hubble-

815
00:53:19,120 --> 00:53:24,480
ruimtetelescoop nog tot ongeveer
2013 in bedrijf zijn.

816
00:53:24,560 --> 00:53:28,720
Rond die tijd wordt ook
zijn opvolger gelanceerd.

817
00:53:30,760 --> 00:53:34,720
Dit is de James Webb-ruimtetelescoop,

een infrarood-sterrenwacht

818

00:53:34,799 --> 00:53:40,480
in de ruimte, genoemd naar een
voormalige NASA-topman.

819

00:53:40,560 --> 00:53:44,840
Eenmaal aangekomen in de ruimte
zal zijn 6,5 meter grote spiegel,

820

00:53:44,920 --> 00:53:48,480
die zeven keer zo gevoelig is als
die van Hubble, zich ontvouwen

821

00:53:48,560 --> 00:53:51,360
als een bloem.

822

00:53:51,440 --> 00:53:54,520
Een groot zonneschermbouwt
de optiek en de gekoelde

823

00:53:54,600 --> 00:53:57,960
instrumenten steeds in de schaduw,
zodat ze bij een temperatuur van

824

00:53:58,040 --> 00:54:03,000
maar liefst 233 graden onder nul
hun werk kunnen doen.

825

00:54:04,200 --> 00:54:07,880
De James Webb-ruimtetelescoop zal niet
in een baan om de aarde draaien.

826

00:54:07,960 --> 00:54:11,640
In plaats daarvan wordt hij op
1,5 miljoen kilometer van onze

827

00:54:11,720 --> 00:54:15,880
planeet, in een wijde baan om
de zon gebracht.

828

00:54:15,960 --> 00:54:19,080
Nog maar een halve eeuw geleden was de
Hale-telescoop op Palomar Mountain

829

00:54:19,160 --> 00:54:20,960
de grootste aller tijden.

830

00:54:21,000 --> 00:54:25,120
Nu wordt er al een grotere de

ruimte in gebracht.

831

00:54:25,160 --> 00:54:29,440

We kunnen alleen maar speculeren over de ontdekkingen die hij zal doen.

832

00:54:29,520 --> 00:54:31,680

Nog even geduld!

833

00:54:32,160 --> 00:54:34,880

Ondertussen zijn creatieve ingenieurs voortdurend bezig om nieuwe

834

00:54:34,960 --> 00:54:37,720

revolutionaire telescoopontwerpen te bedenken.

835

00:54:37,799 --> 00:54:42,040

In Canada bouwden wetenschappers een telescoop met een vloeibare spiegel.

836

00:54:42,120 --> 00:54:45,200

Bij dit telescooptype wordt het sterlicht niet door een vaste

837

00:54:45,280 --> 00:54:49,360

spiegel opgevangen, maar door het gekromde oppervlak van een draaiend

838

00:54:49,440 --> 00:54:52,600

reservoir met vloeibare kwik.

839

00:54:52,680 --> 00:54:56,360

Door hun ontwerp kunnen zulke kwik-telescopen alleen recht omhoog kijken.

840

00:54:56,440 --> 00:54:59,120

Maar ze hebben als voordeel dat ze relatief goedkoop zijn

841

00:54:59,200 --> 00:55:01,360

en makkelijk te bouwen.

842

00:55:01,440 --> 00:55:04,440

Radio-astronomen denken aan een LOFAR-achtige array van kleine

843

00:55:04,520 --> 00:55:07,360

antennes op het oppervlak van de maan, ver weg van

844

00:55:07,440 --> 00:55:10,880
alle stoorzenders op aarde.

845

00:55:10,960 --> 00:55:13,520
En wie weet, misschien komt er
ooit zelfs een grote optische

846

00:55:13,600 --> 00:55:16,360
telescoop op de achterkant
van de maan.

847

00:55:16,440 --> 00:55:19,360
Met behulp van ruimtetelescopen,
bedekkingsschijfjes, röntgenstraling

848

00:55:19,440 --> 00:55:21,960
hopen astronomen hun zicht
in de toekomst nog veel

849

00:55:22,040 --> 00:55:23,040
verder te verbeteren.

850

00:55:23,120 --> 00:55:25,720
Ooit zullen ze er misschien
zelfs in slagen de rand van

851

00:55:25,799 --> 00:55:27,760
een zwart gat te fotograferen.

852

00:55:29,560 --> 00:55:32,560
En ooit zal de telescoop misschien
een van de grootste vragen

853

00:55:32,640 --> 00:55:38,840
beantwoorden waar de mensheid mee
worstelt: zijn wij alleen in het heelal?

854

00:55:42,480 --> 00:55:45,800
We weten dat er meer
zonnestelsels zijn.

855

00:55:45,920 --> 00:55:48,280
We vermoeden zelfs dat er meer
planeten met water zijn

856

00:55:48,400 --> 00:55:50,200
vergelijkbaar met de aarde.

857

00:55:50,320 --> 00:55:51,200
Maar

858
00:55:51,320 --> 00:55:53,440
is daar leven?

859
00:55:54,320 --> 00:55:58,120
Het opsporen van deze
exoplaneten is moeilijk.

860
00:55:58,240 --> 00:56:00,680
Ze worden door het felle licht
van hun moedersterren

861
00:56:00,720 --> 00:56:03,960
aan het zicht onttrokken.

862
00:56:04,920 --> 00:56:08,040
Interferometers die de duisternis
van de ruimte in worden geschoten

863
00:56:08,160 --> 00:56:10,760
kunnen mogelijk uitsluitel geven.

864
00:56:10,799 --> 00:56:13,520
Op dit moment denkt de NASA
na over een project dat

865
00:56:13,560 --> 00:56:16,120
Terrestrial Planet Finder heet.

866
00:56:16,240 --> 00:56:20,680
En in Europa werken wetenschappers
aan het ontwerp van de Darwin Array.

867
00:56:20,799 --> 00:56:24,360
Zes ruimtetelescopen die in formatie
in een baan om de zon draaien.

868
00:56:24,480 --> 00:56:28,520
Lasers houden hun onderlinge afstanden
tot op de nanometer bij.

869
00:56:28,560 --> 00:56:32,200
Tezamen hebben zij een ongelooflijk
scheidend vermogen, en ook kunnen zij

870
00:56:32,240 --> 00:56:36,040
het felle sterlicht blokkeren,
zodat wetenschappers ook

871

00:56:36,160 --> 00:56:39,800

aaarde-achtige planeten bij
andere sterren kunnen zien.

872

00:56:40,640 --> 00:56:44,880

Vervolgens kunnen sterrenkundigen het
licht van zo'n planeet onderzoeken.

873

00:56:45,000 --> 00:56:49,960

Dat licht bevat de spectroscopische
vingerafdruk van de planeetatmosfeer.

874

00:56:50,000 --> 00:56:53,280

Wellicht zullen we over
15 jaar al sporen

875

00:56:53,320 --> 00:56:55,600

van zuurstof, methaan en ozon
kunnen detecteren.

876

00:56:55,720 --> 00:56:58,800

Aanwijzingen dat er leven is.

877

00:57:01,000 --> 00:57:03,520

Het heelal zit vol verrassingen.

878

00:57:03,640 --> 00:57:05,960

De hemel is en blijft indrukwekkend.

879

00:57:06,080 --> 00:57:08,960

Geen wonder dat honderdduizenden
amateursterrenkundigen, verspreid

880

00:57:09,000 --> 00:57:11,520

over de hele wereld, elke nacht
naar buiten gaan om

881

00:57:11,640 --> 00:57:13,200

de kosmos te bewonderen.

882

00:57:13,240 --> 00:57:15,520

Hun telescopen zijn veel
beter dan de instrumenten

883

00:57:15,640 --> 00:57:16,960

die Galilei gebruikte.

884

00:57:17,000 --> 00:57:20,600

Hun digitale beelden overtreffen al
de fotografische opnamen die

885

00:57:20,640 --> 00:57:23,760
beroepssterrenkundigen nog maar
enkele decennia geleden maakten.

886

00:57:23,880 --> 00:57:27,200
De zoektocht van sterrenkundigen
naar een beter begrip van het heelal

887

00:57:27,240 --> 00:57:30,760
en hun telescopische verkenningen
zijn pas 400 jaar geleden begonnen.

888

00:57:30,799 --> 00:57:35,040
Er is nog veel dat we niet weten.

889

00:57:35,560 --> 00:57:38,880
Maar sinds Galilei vier eeuwen geleden
de eerste telescoop op de hemel richtte

890

00:57:39,000 --> 00:57:42,200
is er veel vooruitgang geboekt.

891

00:57:42,240 --> 00:57:45,440
Nog steeds bekijken we het
heelal met telescopen

892

00:57:45,480 --> 00:57:50,800
niet alleen vanaf de aarde, ook
vanuit de grenzeloze ruimte.

893

00:57:50,920 --> 00:57:54,520
Het wezen van de mensheid ligt
besloten in onze onuitputtelijke

894

00:57:54,640 --> 00:57:57,680
vindingrijkheid en nieuwsgierigheid.

895

00:57:57,799 --> 00:58:00,360
We zijn pas begonnen met het
beantwoorden van de grootste

896

00:58:00,400 --> 00:58:02,440
vragen die ons bezighouden.

897

00:58:02,480 --> 00:58:05,120
We hebben meer dan 300 planeten
ontdekt bij andere sterren in

898

00:58:05,160 --> 00:58:09,200
ons Melkwegstelsel en organische
moleculen op sommige van die

899

00:58:09,240 --> 00:58:12,760
verre planeten gedetecteerd.

900

00:58:12,799 --> 00:58:17,440
Deze ongelooflijke ontdekkingen mogen
dan het hoogtepunt van onze verkenningen

901

00:58:17,520 --> 00:58:21,520
lijken, maar het beste moet
ongetwijfeld nog komen.

902

00:58:21,640 --> 00:58:24,440
Ook jij kunt ontdekker worden.

903

00:58:24,480 --> 00:58:29,200
Kijk omhoog en verbaas je.