

# Der Struve-Meridianbogen

## Ein UNESCO - Weltkulturerbe



Willkommen in Fuglenes / Hammerfest, Finnmark-Bezirk – nördlichster Punkt des Struve-Meridianbogens, 70° 40' 11,23" N, 23° 39' 48" E

Während der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts führte der russische Gelehrte Friedrich Georg Wilhelm Struve eine große geodätische Messkampagne zur Bestimmung der Abplattung der Erde an ihren Polen durch. – Infolge des sich stetig erhöhenden Genauigkeitsbedarfs in Vermessung und Kartographie entstand die Notwendigkeit einer entsprechend genaueren Bestimmung von Gestalt und Größe der Erde. Die geodätischen Messungen dazu wurden über eine Dreiecksreihe durchgeführt, die sich von Fuglenes in Hammerfest im Norden bis nach Ismail am Schwarzen Meer im Süden erstreckte. Ein Meridian stellt eine imaginäre Linie dar, die sich auf der Erdoberfläche von Pol zu Pol erstreckt. Geodätische Messungen entlang eines Meridians – besser bekannt als Meridianbogen-Messungen – können dazu dienen, Gestalt und Größe der Erde zu bestimmen. Struve führte seine Arbeiten in den Jahren 1816 – 1855 durch. Heutzutage ist Struve's Methode durch Satellitenverfahren ersetzt. Der Struve-Meridianbogen wurde als erstes technisch-wissenschaftliches Objekt in die Liste des UNESCO Weltkulturerbes aufgenommen.

### RÜCKBLICK

Um 500 v.Chr. entstand in gelehrten Kreisen die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde. Um 1600 n.Chr. jedoch entwickelte Sir Isaac Newton jedoch die Idee, dass die Erde nicht exakt einer Kugel entspricht, sondern vielmehr an den Polen abgeplattet ist. Dadurch entstand im 18. und 19. Jahrhundert die zentrale Frage, wie groß die Abplattung der Erde ist.

### WIE WERDEN GRÖÖE UND FORM DER ERDE GEMESSEN ?

Der physikalische Abstand von einem Breitengrad zum anderen kann über eine sich von Nord nach Süd erstreckende Kette von Dreiecken (Triangulation) entlang eines Meridians gemessen werden (s. Abb. 1). Der Maßstab der Triangulation wurde bestimmt, indem an geeigneten Punkten Basislinien eingerichtet wurden. Diese Basislinien bestanden aus zwei festen Punkten, deren Distanz mit größtmöglicher Genauigkeit bestimmt wurde. Derartige Basislinien hatten eine durchschnittliche Länge von zwei bis fünf Kilometern und wurden in möglichst flachem Gelände angelegt. Die Seitenlänge der Dreiecke hingegen lag bei 20 bis 40 km. – Somit mussten im Bereich der Basislinien sog. Basisvernetzungen angelegt werden um die gemessenen Distanzen der Basislinien auf die Dreiecksseiten über-

### DIE TEILNAHME NORWEGENS

Zuständig für diese große geodätische Projekt war der russische Astronom und Geodät Friedrich Georg Wilhelm Struve (s. Abb. 3), der mit der Messung der Triangulationskette durch Europa über 39 Jahre, 1816 – 1855, beschäftigt war. (Geodäsie ist die Wissenschaft der genauen Bestimmung von Gestalt und Größe der Erde, ein Geodät ein Wissenschaftler auf diesem Wissensgebiet.) Dieses internationale Projekt war von grundlegender Bedeutung für die quantitative Bestimmung der Erdfigur; Norwegen beteiligte sich konkret ab 1845 daran. Zu dieser Zeit waren international angelegte Projekte noch reichlich unbekannt, und so waren auch die Zustimmung und Unterstützung der Norwegischen Regierung, des Parlaments sowie des Königs einzuholen, damit sich Norwegen offiziell an dieser Unternehmung beteiligen konnte. Schließlich wurde die nötige Unterstützung erteilt und Christopher Hansteen (1784-1873) wurde mit dem Werk beauftragt. Hansteen war zu dieser Zeit Direktor des "Norges geografiske oppmåling", der Vorgängerorganisation des heutigen "Statens kartverk" – der Behörde für die Norwegische Landesvermessung. Hansteen war gleichzeitig Professor für Astronomie und Vorstand des Observatoriums

### DER STRUVE-MERIDIANBOGEN AUF DER LISTE DES UNESCO WELTKULTURERBES

Die zehn Staaten, durch welche Struve's Bogen läuft, kamen überein, insgesamt 34 der Original-Dreieckspunkte in die Liste der Objekte des UNESCO Weltkulturerbes aufnehmen zu lassen. Das Norwegische Landesvermessungsamt war dabei die für Norwegen zuständige Institution. Der Struve-Meridianbogen war bis 1900 der längste Bogen seiner Art und stellt eine unvergleichliche

Ergebnis an Genauigkeit und Sorgfalt in der Geschichte der Vermessung der Erde durch den Menschen dar. Alle Beteiligten aus den zehn Staaten, die an diesem großen Projekt mitarbeiteten, erbrachten außergewöhnliche Leistungen. Der Antrag, den Struve-Meridianbogen als Weltkulturerbe aufzunehmen, wurde von der UNESCO am 15. Juli 2005 angenommen; mit dieser Entscheidung war auch die Erhaltung der 34 noch bestehenden festen Punkte verbunden. Mit ihrer Entscheidung bestätigte

### INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT

Struve's Arbeit an diesem Meridianbogen stellt die erste Initiative für konzentrierte internationale Bemühungen dar, auf gemeinsamer Basis ein wissenschaftliches Ergebnis zu erreichen. Die heutige Internationale Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) ist in gewisser Weise aus Struve's ursprünglicher Arbeit hervorgegangen, sie ist nach wie vor als ein Gremium des Internationalen Wissenschaftsrats (ICSU) unter der Schirmherrschaft der Vereinten Nationen überaus aktiv. Struve's Ergebnisse stellten einen wesentlichen Beitrag zur geodätischen Forschung dar; für die Mehrzahl der Westeuropäischen Staaten stellen seine Daten einen grundlegenden Beitrag für ihre Vermessungsarbeiten und Kartenwerke dar bis hin in die Jahre um 1970, als dann die Satellitenpositionierung die führende Rolle übernahm. Der Struve-Meridianbogen war ursprüng-

### DIE UNESCO-KONVENTION FÜR DIE SICHERUNG DES WELTKULTUR- UND NATURERBES



Die UNESCO ist die für Bildung, Wissenschaft und Kultur zuständige Organisation der Vereinten Nationen. Ziel der UNESCO ist es, über diese Bereiche in internationaler Zusammenarbeit zur Sicherung von Frieden und Sicherheit beizutragen. Die UNESCO wurde 1945 gegründet, Norwegen ist Mitglied seit 1946.

Die UNESCO-Konvention für die Sicherung des Weltkultur- und Naturerbes wurde 1972 unterzeichnet, nachdem historische Kultur- wie auch Naturdenkmäler durch Kriegseinwirkungen, Naturkatastrophen, Verschmutzung, Tourismus oder auch natürlichen Zerfall zunehmend in Mitleidenschaft gezogen wurden. Die Konvention unterstützt alle Nationen dabei, die Erhaltung ihrer nationalen Kultur- wie auch Naturdenkmäler zu fördern. Erstes Ziel der Konvention ist, Denkmäler für das Weltkultur- und Naturerbe auszuweisen. Beispielhaft zeigte sich dies in den Rettungsmaßnahmen zum Schutz von Weltkulturerbe in Ägypten und im Sudan beim Bau des Assuan-Staudamms in den Jahren um 1960. 60 Nationen, Norwegen eingeschlossen, beteiligten sie damals an diesen Rettungsmaßnahmen. Objekte des Weltkultur- oder Naturerbes können sein Monumente, Gebäude (als Einzelobjekt oder Ensemble), Kultur- und Naturlandschaften. Sie können menschlichen oder natürlichen Ursprungs sein. Sie können Gebäude sein, die bedeutende Stufen

Zur gleichen Zeit wurden durch die fortschreitende technische Entwicklung immer genauere Instrumente verfügbar, welche wiederum eine bedeutend höhere Genauigkeit von Vermessungen und Kartographie ermöglichten. Daraus ergab sich unmittelbar die Notwendigkeit, den Äquatordiameter sowie die Abplattung der Erde mit erhöhter Genauigkeit zu bestimmen.

tragen zu können. Zur gleichen Zeit wurden auch astronomische Beobachtungen zu präzise katalogisierten Sternen durchgeführt, über die wiederum die Differenz in Breite zwischen den Endpunkten der Triangulationskette bestimmt wurde. Astronomische Breitenbeobachtungen wurden auf 13 Punkten entlang des Struve-Meridianbogens durchgeführt. Durch diese Verfahren konnten der Radius der Erde und ihre Abplattung bestimmt werden.

Je kürzer die physikalische Distanz über ein Grad astronomisch gemessene Breite war, um so kürzer auch der Erdkrümmungsradius und entsprechend umgekehrt (s. Abb. 2). Aus den Messungen des Struve-Meridianbogens ergab sich, dass die Distanz über ein Grad Breite am Schwarzen Meer um 359 Meter geringer war als an der Küste der Norwegischen See.

Christiania (später Kristiania, heute Oslo). Die anfallenden Messungen wurde durch zwei Militäroffiziere, Fredrik L. Klouman und Christopher Lundh ausgeführt. Ihre Aufgabe bestand darin, geeignete Punkte für die Triangulierung auszuwählen und die praktischen Messungen vorzunehmen. Dies bedeutete den Transport von zu damaliger Zeit beträchtlichen Mengen von Ausrüstung an entlegene Orte der dünnbesiedelten Finnmark – eine nicht unerhebliche Leistung, die große Beachtung verdient. Der Struve-Meridianbogen (s. Abb. 5) wurde über Winkelmessungen zwischen Fuglenes in Hammerfest und Ismail am Schwarzen Meer beobachtet. Die Winkelmessungen waren untereinander über eine Kette von Dreiecken verbunden, es wurden Messungen auf insgesamt 265 Punkten erster Ordnung und weiteren 60 Hilfspunkten zweiter Ordnung durchgeführt. Die Entfernung zwischen dem nördlichsten und südlichsten Punkt der Dreiecksreihe beträgt 2.821,853 km; die Strecke verläuft durch die heutigen Staatsgebiete von Norwegen, Schweden, Finnland, Russland, Estland, Lettland, Litauen, Weißrussland, Moldawien und der Ukraine. Zur Zeit Struve's waren dies lediglich die damaligen Staatsgebiete von Norwegen, Schweden und Russland.

die UNESCO, dass der Struve-Meridianbogen ein für die Menschheit bedeutendes wissenschaftliches Objekt darstellt, welches in seiner Art einzigartig ist. Wie schon beschrieben, stellt der Struve-Meridianbogen das erste wissenschaftliche Objekt dar, das in die Liste der Objekte des UNESCO Weltkulturerbes aufgenommen wurde. Es ist außerdem der erste Fall, dass sich mehr als zwei Nationen gemeinsam darum bemüht haben, einen Eintrag in die Liste zu erreichen. Alle 34 in der Liste aufgeführten Punkte haben eine ähnliche oder auch eigene Form des Aufbaus, dies kann ein Loch im Fels sein, ein Eisenbolzen, ein Steinmonument, ein Obelisk oder ein Pfeiler. Vier dieser Punkte liegen in Norwegen (s. Abb. 6).

- 1 Der Meridian-Messpunkt auf Fuglenes in Hammerfest
- 2 Der Gipfel des Lille-Raipas/Unna Ráipásaš bei Alta
- 3 Der Gipfel des Luvdiddöckhka (Lodiken) bei Kautokeino
- 4 Der Gipfel des Beäljášvári/Muvravári bei Kautokeino

lich als Russisch-Skandinavischer Meridianbogen bekannt. In der jüngsten Zeit jedoch wurde der Bogen im Andenken nach den bedeutenden russischen geodätischen Wissenschaftler Struve benannt.

Nördlichster Punkt: Hammerfest (Fuglenes):	70° 40' 11,23" N	
Südlichster Punkt: Ismail (Staro-Nekrassowka):	45° 20' 02,94" N	
Geodätische Breitendifferenz:	25° 20' 08,29"	
Distanz in Kilometern:	2 821,853 ± 0,012	
<b>Jahr</b>	<b>Äquatordiameter der Erde</b>	<b>Abplattung der Erde</b>
1740	6 396 800 m	1/178
1858	6 378 360,7 m	1/294,26
2005	6 378 136,8 m	1/298,257 222 101



Photo: Björn Geir Harsson



Obelisk in Hammerfest wurde 1854 hier errichtet.

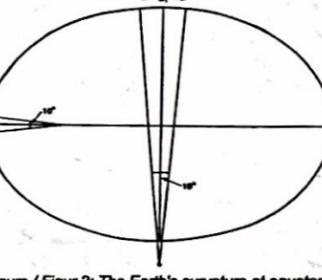


Figure / Figur 2: The Earth's curvature at equator is greater than at the pole. Die Erdkrümmung (Meridiankrümmung) ist am Äquator größer als an den Polen.

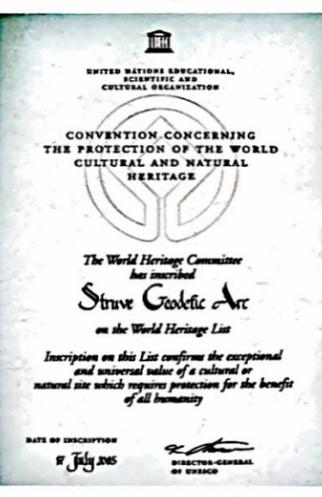


Figure / Figur 4: Copy of the UNESCO certificate showing Struve Geodetic Arc inscribed in the World Heritage List. UNESCO's Zertifikat als Beweis für die Aufnahme des Struve-Meridianbogens als Weltkulturerbe.



Figure / Figur 6: Map of Norwegian stations measured in the original Struve Geodetic Arc. The four stations are marked with red circles. Die Karte zeigt alle norwegischen Messpunkte auf dem Struve-Meridianbogen. Die vier Messpunkte auf der UNESCO-Liste sind jeweils mit einem roten Kreis markiert.

# The Struve Geodetic Arc

## On the UNESCO World Heritage List



Welcome to Fuglenes in Hammerfest, Finnmark County, the Northernmost point in The Struve Geodetic Arc, 70° 40' 11,23" N, 23° 39' 48" E

The Russian scientist Friedrich Georg Wilhelm Struve carried out a major geodetic survey during the first half of the Nineteenth century in order to determine the flattening of the Earth at the Poles. Surveying and mapping demands for increased accuracies had made it important to determine the shape and the size of the Earth with greater precision. Geodetic measurements were made in the form of a chain of triangulation along the meridian stretching from Ismail on the Black Sea in the South to Fuglenes in Hammerfest in the North. A meridian is an imaginary line on the Earth's surface running from Pole to Pole, and geodetic surveying measurements along a meridian – known as Geodetic Arc Measurements – can be used to calculate the Earth's accurate shape and size. Struve's work took place between 1816 and 1855. Today, however, Struve's methods have been replaced by the use of satellite technology. The Struve Geodetic Arc was added to the UNESCO World Heritage List in 2005, becoming the first technical and scientific object to be accorded this prestigious status.

### BACKGROUND

The idea that the Earth might be round was suggested in learned circles as long ago as 500 B.C. However, in the 1600s AD, at the dawn of modern scientific discovery, Sir Isaac Newton suggested that the Earth is not exactly spherical – rather that it is flattened at the Poles. The question of how much the Earth is flattened then came into focus in the 18th and 19th Century. Meanwhile,

technical developments began to produce more accurate instruments, which in turn fuelled moves for improved surveying and mapping. As a direct consequence, it became increasingly more important to determine the Earth's equatorial radius and it's Polar Flattening with greater precision.

### HOW IS THE SHAPE AND SIZE OF THE EARTH MEASURED?

The physical length represented by one degree of latitude could be determined by measuring a continuous chain of triangulation from North to South along a meridian. (See Figure 1.) The size or scale of the triangulation was added by measuring baselines at appropriate places along the meridian chain. These baselines consisted of pairs of monumented points between which the distance was hand measured with the utmost precision. Such baselines were most often from two to five kilometres in length and were located in suitable flat terrain. Side lengths in triangulation were normally, however, some 20 to 40 km. Therefore it was necessary to build up base extension networks to transfer the hand measured distances up to the full triangulation side lengths.

### NORWEGIAN PARTICIPATION

The Russian astronomer and geodesist Friedrich Georg Wilhelm Struve (see Figure 3) was responsible for this major geodetic project, triangulating his way through Europe for 39 years from 1816 to 1855. (Geodesy is the science of the Figure of the Earth, and a geodesist is a practitioner of that science.) This international effort was of fundamental importance for numerically determining the Figure of the Earth, and Norway became seriously involved in 1845. At that time, the concepts of international cooperation were somewhat unknown, and it was necessary to obtain the agreement and blessing of the Norwegian Government, the Parliament, and the King in order for Norway to officially take part in the work. Eventually, resources were allocated and Christopher Hansteen (1784-1873) was authorised to render assistance. Hansteen was at the time Director of "Norges geografiske opmåling", the forerunner of today's "Statens kartverk" – the Norwegian Mapping Authority. Hansteen was also Professor of Astronomy and the Head of the Christiania Observatory.

### THE STRUVE GEODETIC ARC ON THE WORLD HERITAGE LIST

The ten countries through which Struve's Arc had passed, joined together to have 34 of the original triangulation stations entered into the UNESCO World Heritage List. The Norwegian Mapping Authority was the responsible agency for Norway in this matter. The Struve Geodetic Arc was the longest Arc until the 1900s, and represents a devotion to accuracy and precision without comparison in the history of Man's measurement of the Earth. Those from the ten countries who worked on this very long project of necessity had very special characteristics. The application to add the Struve Geodetic Arc to the World Heritage List was finally approved by UNESCO on 15th July 2005, and the decision stated that the remaining 34 intact monumented stations from the original observations would be preserved. In its decision statement,

UNESCO judged that The Struve Geodetic Arc represents a scientific project with a breadth of importance to mankind, and with a level of human achievement, which is absolutely unique. As stated earlier, The Struve Geodetic Arc is the first technical and scientific object of culture which has been added to UNESCO's World Heritage List. It is also the first time that more than two nations have joined together to seek to have an entry made in the List. All 34 points in the List have one form or another of monumentation – be it a hole in rock, an iron bolt, a cairn, an obelisk or pillar. Four of these points are in Norway (see Figure 6).

- 1 The Meridian Marker at Fuglenes in Hammerfest
- 2 Lille-Raipas/Unna Ráipásaš Summit in Alta
- 3 Luvdildtöohkka (Lodiken) Summit in Kautokeino
- 4 Bealjávári/Muvravári Summit in Kautokeino

### INTERNATIONAL CO-OPERATION

Struve's work on the Geodetic Arc became the starting initiative to concentrated international efforts to achieve a common scientific objective. The International

Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) can be said to have emerged from Struve's original work, and is fully active to this day as a Union within the International Council for Science (ICSU) under the general umbrella of the United Nations. Struve's results made a very significant contribution to geodetic research, and most Western European nations have used his data in connection with surveying and mapping right up to the time when satellite positioning became a dominant method in the 1970s. The Struve Geodetic Arc was originally known as the Russian-Scandinavian Geodetic Arc. However, in recent years the Arc has taken Struve's name in commemoration of this prominent Russian geodetic scientist.

Northernmost point: Hammerfest (Fuglenes)	70° 40' 11,23" N	
Southernmost point: Ismail (Staro-Nekrassowka)	45° 20' 02,94" N	
Difference in Geodetic Latitude:	25° 20' 08,29"	
Distance in kilometres:	2 821,853 ± 0,012	
<b>Year</b>	<b>Earth's Equatorial Radius</b>	<b>Earth's Flattening</b>
1740	6 396 800 m	1/178
1858	6 378 360,7 m	1/294,26
2005	6 378 136,8 m	1/298,257 222 101



### THE UNESCO CONVENTION FOR THE PRESERVATION OF WORLD CULTURAL AND NATURAL HERITAGE

UNESCO is the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation. UNESCO's aim is to contribute to peace and security by means of international co-operation in these respects. The Organisation was formed in 1945, and Norway has been a member since 1946.

The Convention for the Preservation of World Cultural and Natural Heritage was signed in 1972 after cultural and natural historical sites were increasingly suffering from the pressures of war, natural disasters, pollution, tourism, or simply from natural decay. The Convention encourages all nations to promote the preservation of its local and national cultural and natural heritage. The Convention's primary aim is to identify items of heritage which are of global interest. The international cultural rescue operations in Egypt and Nubia during the 1960s as the Aswan Dam was being constructed highlighted the need for common global heritage preservation goals. Sixty nations took part in these efforts, including Norway. Items of cultural or natural heritage can consist of monuments, buildings, individually or in groups, cultural landscapes and natural reservations. They can be both manmade or of natural origin. They can be buildings which represent important stages in historical development, or natural phenomena of exceptional aesthetic or scientific importance. Norway ratified the Convention on 12th May 1977, and up to 2006 the World Heritage

Commission has approved seven Norwegian nominations to the World Heritage List: the Bryggen in Bergen (1979), Urnes Stave Church (1979), the Mining Town of Roros (1980), the Rock Carvings in Alta (1985), the Vega Archipelago (2004), Western Norway's Fjords (2005) and The Struve Geodetic Arc (2005), see Figure 4. Nomination to the World Heritage List gives added global recognition to the importance of items of heritage interest, although it does not necessarily imply any special or additional preservation measures. UNESCO's site on the World Wide Web (<http://www.unesco.org>) presents a worldwide view of mankind's cultural and natural heritage. The Norwegian National Antiquarian's web site at <http://www.ra.no> presents the Norwegian sites that are included in the World Heritage List. Meanwhile, the Norwegian Mapping Authority's web site at <http://www.statkart.no> gives more information about the Struve Geodetic Arc and about modern geodesy.

### Struve Geodetic Arc

Struves meridianbue  
Struve meridiánadávgi



The Obelisk in Hammerfest was placed here in 1854. Der Obelisk in Hammerfest wurde 1854 hier errichtet.

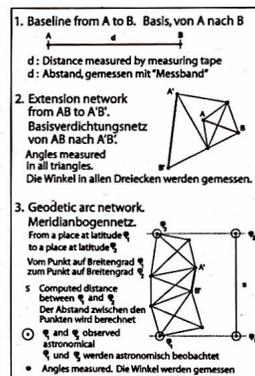


Figure 1 / Fig. 1: The principle of measuring a geodetic arc. Das Prinzip der Gradmessung.

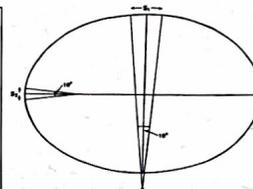


Figure 2 / Fig. 2: The Earth's curvature at equator is greater than at the pole. Die Erdkrümmung (Meridiánkrümmung) ist am Äquator größer als an den Polen.

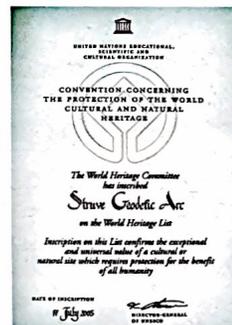


Figure 4 / Fig. 4: Copy of the UNESCO certificate showing Struve Geodetic Arc inscribed in the World Heritage List. UNESCO's Zertifikat als Beweis für die Aufnahme des Struve-Meridianbogens als Weltkulturerbe.



Figure 3 / Fig. 3: Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864)

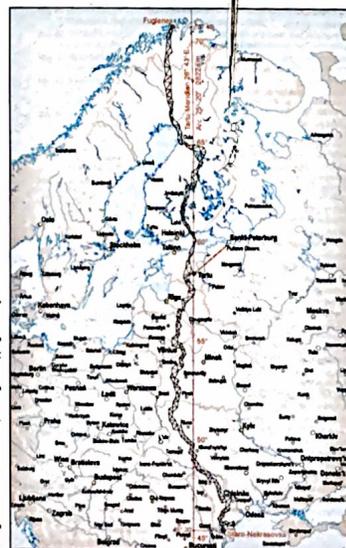


Figure 5 / Fig. 5: The Struve Geodetic Arc from the Black Sea to Hammerfest. Der Struve-Meridianbogen vom Schwarzen Meer bis nach Hammerfest.



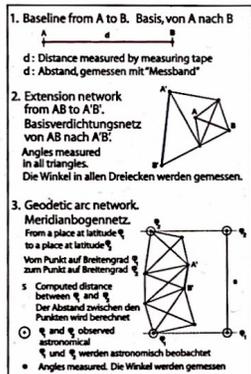
Figure 6 / Fig. 6: Map of Norwegian stations measured by the original Struve Geodetic Arc. The four stations are marked with red circles. Die Karte zeigt alle norwegischen Messpunkte auf dem Struve-Meridianbogen. Die vier Messpunkte auf der UN-Liste sind jeweils mit einem roten Kreis markiert.

# Struve Geodetic Arc

Struves meridianbue  
Struve meridiánadóvgi



The Obelisk in Hammerfest was placed here in 1854. Der Obelisk in Hammerfest wurde 1854 hier errichtet.



Figures / Figure 1: The principles of measuring a geodesic arc. Das Prinzip der Gradmessung.

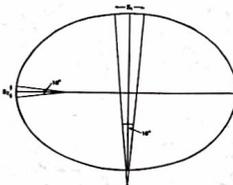


Figure / Fig 2: The Earth's curvature at equator is greater than at the pole. Die Erdkrümmung (Meridiankrümmung) ist am Äquator größer als an den Polen.

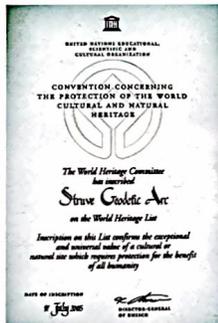


Figure / Fig 4: Copy of the UNESCO certificate showing the Struve Geodetic Arc inscribed in the World Heritage List. UNESCO's Zertifikat als Beweis für die Aufnahme des Struve-Meridianbogens als Weltkulturerbe.



Figure / Fig 3: Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864)



Figure / Fig 5: Map of Norwegian stations measured in the original Struve Geodetic Arc. The four stations are marked with red circles. Die Karte zeigt alle norwegischen Messpunkte auf dem Struve-Meridianbogen. Die vier Messpunkte auf dem Struve-Meridianbogen vom Schwarzen Meer bis nach Hammerfest. Liste sind jeweils mit einem roten Kreis markiert

# Der Struve-Meridianbogen

## Ein UNESCO - Weltkulturerbe



Willkommen in Fuglenes / Hammerfest, Finnmark-Bezirk – nördlichster Punkt des Struve-Meridianbogens, 70° 40' 11,23" N, 23° 39' 48" E

Während der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts führte der russische Gelehrte Friedrich Georg Wilhelm Struve eine große geodätische Messkampagne zur Bestimmung der Abplattung der Erde an ihren Polen durch. – Infolge des sich stetig erhöhenden Genauigkeitsbedarfs in Vermessung und Kartographie entstand die Notwendigkeit einer entsprechend genaueren Bestimmung von Gestalt und Größe der Erde. Die geodätischen Messungen dazu wurden über eine Dreiecksreihe durchgeführt, die sich von Fuglenes in Hammerfest im Norden bis nach Ismail am Schwarzen Meer im Süden erstreckte. Ein Meridian stellt eine imaginäre Linie dar, die sich auf der Erdoberfläche von Pol zu Pol erstreckt. Geodätische Messungen entlang eines Meridians – besser bekannt als Meridianbogen-Messungen – können dazu dienen, Gestalt und Größe der Erde zu bestimmen. Struve führte seine Arbeiten in den Jahren 1816 – 1855 durch. Heutzutage ist Struve's Methode durch Satellitenverfahren ersetzt. Der Struve-Meridianbogen wurde als erstes technisch-wissenschaftliches Objekt in die Liste des UNESCO Weltkulturerbes aufgenommen.

### RÜCKBLICK

Um 500 v.Chr. entstand in gelehrten Kreisen die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde. Um 1600 n.Chr. jedoch entwickelte Sir Isaac Newton jedoch die Idee, dass die Erde nicht exakt einer Kugel entspricht, sondern vielmehr an den Polen abgeplattet ist. Dadurch entstand im 18. und 19. Jahrhundert die zentrale Frage, wie groß die Abplattung der Erde ist.

### WIE WERDEN GRÖÖE UND FORM DER ERDE GEMESSEN ?

Der physikalische Abstand von einem Breitengrad zum anderen kann über eine sich von Nord nach Süd erstreckende Kette von Dreiecken (Triangulation) entlang eines Meridians gemessen werden (s. Abb. 1). Der Maßstab der Triangulation wurde bestimmt, indem an geeigneten Punkten Basislinien eingerichtet wurden. Diese Basislinien bestanden aus zwei festen Punkten, deren Distanz mit größtmöglicher Genauigkeit bestimmt wurde. Derartige Basislinien hatten eine durchschnittliche Länge von zwei bis fünf Kilometern und wurden in möglichst flachem Gelände angelegt. Die Seitentänge der Dreiecke hingegen lag bei 20 bis 40 km. – Somit mussten im Bereich der Basislinien sog. Basisverdichtungsnetze angelegt werden um die gemessenen Distanzen der Basislinien auf die Dreiecksseiten über-

### DIE TEILNAHME NORWEGENS

Zuständig für diese große geodätische Projekt war der russische Astronom und Geodät Friedrich Georg Wilhelm Struve (s. Abb. 3), der mit der Messung der Triangulationskette durch Europa über 39 Jahre, 1816 – 1855, beschäftigt war. (Geodäsie ist die Wissenschaft der genauen Bestimmung von Gestalt und Größe der Erde, ein Geodät ein Wissenschaftler auf diesem Wissensgebiet.) Dieses internationale Projekt war von grundlegender Bedeutung für die quantitative Bestimmung der Erdfigur; Norwegen beteiligte sich konkret ab 1845 daran. Zu dieser Zeit waren international angelegte Projekte noch reichlich unbekannt, und so waren auch die Zustimmung und Unterstützung der Norwegischen Regierung, des Parlaments sowie des Königs einzuholen, damit sich Norwegen offiziell an dieser Unternehmung beteiligen konnte. Schließlich wurde die nötige Unterstützung erteilt und Christopher Hansteen (1784-1873) wurde mit dem Werk beauftragt. Hansteen war zu dieser Zeit Direktor des 'Norges geografiske opmåling', der Vorgängerorganisation des heutigen 'Statens kartverk' – der Behörde für die Norwegische Landesvermessung. Hansteen war gleichzeitig Professor für Astronomie und Vorstand des Observatoriums

### DER STRUVE-MERIDIANBOGEN AUF DER LISTE DES UNESCO WELTKULTURERBES

Die zehn Staaten, durch welche Struve's Bogen läuft, kamen überein, insgesamt 34 der Original-Dreieckspunkte in die Liste der Objekte des UNESCO Weltkulturerbes aufnehmen zu lassen. Das Norwegische Landesvermessungsamt war dabei die für Norwegen zuständige Institution. Der Struve-Meridianbogen war bis 1900 der längste Bogen seiner Art und stellt eine unvergleichliche Ergebnis an Genauigkeit und Sorgfalt in der Geschichte der Vermessung der Erde durch den Menschen dar. Alle Beteiligten aus den zehn Staaten, die an diesem großen Projekt mitarbeiteten, erbrachten außergewöhnliche Leistungen. Der Antrag, den Struve-Meridianbogen als Weltkulturerbe aufzunehmen, wurde von der UNESCO am 15. Juli 2005 angenommen; mit dieser Entscheidung war auch die Erhaltung der 34 noch bestehenden festen Punkte verbunden. Mit ihrer Entscheidung bestätigte

### INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT

Struve's Arbeit an diesem Meridianbogen stellt die erste Initiative für konzentrierte internationale Bemühungen dar, auf gemeinsamer Basis ein wissenschaftliches Ergebnis zu erreichen. Die heutige Internationale Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) ist in gewisser Weise aus Struve's ursprünglicher Arbeit hervorgegangen, sie ist nach wie vor als ein Gremium des Internationalen Wissenschaftsrats (ICSU) unter der Schirmherrschaft der Vereinten Nationen überaus aktiv. Struve's Ergebnisse stellen einen wesentlichen Beitrag zur geodätischen Forschung dar; für die Mehrzahl der Westeuropäischen Staaten stellen seine Daten einen grundlegenden Beitrag für ihre Vermessungsarbeiten und Kartenwerke dar bis hin in die Jahre um 1970, als dann die Satellitenpositionierung die führende Rolle übernahm. Der Struve-Meridianbogen war ursprüng-



Die UNESCO ist die für Bildung, Wissenschaft und Kultur zuständige Organisation der Vereinten Nationen. Ziel der UNESCO ist es, über diese Bereiche in internationaler Zusammenarbeit zur Sicherung von Frieden und Sicherheit beizutragen. Die UNESCO wurde 1945 gegründet, Norwegen ist Mitglied seit 1946.



Die UNESCO-Konvention für die Sicherung des Weltkultur- und Naturerbes wurde 1972 unterzeichnet, nachdem historische Kultur- wie auch Naturdenkmäler durch Kriegseinwirkungen, Naturkatastrophen, Verschmutzung, Tourismus oder auch natürlichen Zerfall zunehmend in Mitleidenschaft gezogen wurden. Die Konvention unterstützt alle Nationen dabei, die Erhaltung ihrer nationalen Kultur- wie auch Naturdenkmäler zu fördern. Erstes Ziel der Konvention ist, Denkmäler für das Weltkultur- und Naturerbe auszuweisen. Beispielhaft zeigte sich dies in den Rettungsmaßnahmen zum Schutz von Weltkulturerben in Ägypten und im Sudan beim Bau des Assuan-Staudamms in den Jahren um 1960. 60 Nationen, Norwegen eingeschlossen, beteiligten sie damals an diesen Rettungsmaßnahmen. Objekte des Weltkultur- oder Naturerbes können sein Monumente, Gebäude (als Einzelobjekt oder Ensemble), Kultur- und Naturlandschaften. Sie können menschlichen oder natürlichen Ursprungs sein. Sie können Gebäude sein, die bedeutende Stufen

Zur gleichen Zeit wurden durch die fortschreitende technische Entwicklung immer genauere Instrumente verfügbar, welche wiederum eine bedeutend höhere Genauigkeit von Vermessungen und Kartographie ermöglichten. Daraus ergab sich unmittelbar die Notwendigkeit, den Äquatordiameter sowie die Abplattung der Erde mit erhöhter Genauigkeit zu bestimmen.

Zur gleichen Zeit wurden auch astronomische Beobachtungen zu präzise katalogisierten Sternen durchgeführt, über die wiederum die Differenz in Breite zwischen den Endpunkten der Triangulationskette bestimmt wurde. Astronomische Breitenbeobachtungen wurden auf 13 Punkten entlang des Struve-Meridianbogens durchgeführt. Durch diese Verfahren konnten der Radius der Erde und ihre Abplattung bestimmt werden. Je kürzer die physikalische Distanz über ein Grad astronomisch gemessene Breite war, um so kürzer auch der Erdkrümmungsradius und entsprechend umgekehrt (s. Abb. 2). Aus den Messungen des Struve-Meridianbogens ergab sich, dass die Distanz über ein Grad Breite am Schwarzen Meer um 359 Meter geringer war als an der Küste der Norwegischen See.

Christiania (später Kristiania, heute Oslo). Die anfallenden Messungen wurde durch zwei Militäroffiziere, Fredrik L. Klouman und Christopher Lundh ausgeführt. Ihre Aufgabe bestand darin, geeignete Punkte für die Triangulierung auszuwählen und die praktischen Messungen vorzunehmen. Dies bedeutete den Transport von zu damaliger Zeit beträchtlichen Mengen von Ausrüstung an entlegene Orte der dünnbesiedelten Finnmark – eine nicht unerhebliche Leistung, die große Beachtung verdient. Der Struve-Meridianbogen (s. Abb. 5) wurde über Winkelmessungen zwischen Fuglenes in Hammerfest und Ismail am Schwarzen Meer beobachtet. Die Winkelmessungen waren untereinander über eine Kette von Dreiecken verbunden, es wurden Messungen auf insgesamt 265 Punkten erster Ordnung und weiteren 60 Hilfspunkten zweiter Ordnung durchgeführt. Die Entfernung zwischen dem nördlichsten und südlichsten Punkt der Dreiecksreihe betrug 2.821,853 km; die Strecke verläuft durch die heutigen Staatsgebiete von Norwegen, Schweden, Finnland, Russland, Estland, Lettland, Litauen, Weißrussland, Moldawien und der Ukraine. Zur Zeit Struve's waren dies lediglich die damaligen Staatsgebiete von Norwegen, Schweden und Russland.

Die UNESCO, dass der Struve-Meridianbogen ein für die Menschheit bedeutendes wissenschaftliches Objekt darstellt, welches in seiner Art einzigartig ist. Wie schon beschrieben, stellt der Struve-Meridianbogen das erste technisch-wissenschaftliche Objekt dar, das in die Liste der Objekte des UNESCO Weltkulturerbes aufgenommen wurde. Es ist außerdem der erste Fall, dass sich mehr als zwei Nationen gemeinsam darum bemüht haben, einen Eintrag in die Liste zu erreichen. Alle 34 in der Liste aufgeführten Punkte haben eine ähnliche oder auch eigene Form des Aufbaus, dies kann ein Loch im Fels sein, ein Eisenbolzen, ein Steinmonument, ein Obelisk oder ein Pfeiler. Vier dieser Punkte liegen in Norwegen (s. Abb. 6).

- 1 Der Meridian-Messpunkt auf Fuglenes in Hammerfest
- 2 Der Gipfel des Lille-Raipas/Unna Ráipásas bei Alta
- 3 Der Gipfel des Luvdiddohkka (Lodiken) bei Kautokeino
- 4 Der Gipfel des Beáljávárri/Mudravári bei Kautokeino

lich als Russisch-Scandinavischer Meridianbogen bekannt. In der jüngsten Zeit jedoch wurde der Bogen im Andenken nach den bedeutenden russischen geodätischen Wissenschaftler Struve benannt.

Nördlichster Punkt: Hammerfest (Fuglenes):	70° 40' 11,23" N	
Südlichster Punkt: Ismail (Staro-Nekrassowka):	45° 20' 02,94" N	
Geodätische Breitenendifferenz:	25° 20' 08,29"	
Distanz in Kilometern:	2 821,853 ± 0,012	
Jahr	Äquatordiameter der Erde	Abplattung der Erde
1740	6 398 800 m	1/178
1858	6 378 360,7 m	1/294,26
2005	6 378 136,8 m	1/298,257 222 101

### DIE UNESCO-KONVENTION FÜR DIE SICHERUNG DES WELTKULTUR- UND NATURERBES

geschichtlicher Entwicklung darstellen, oder natürliche Erscheinungsbilder von außergewöhnlicher ästhetischer oder wissenschaftlicher Bedeutung. Norwegen unterzeichnete die Konvention am 12. Mai 1977; bis 2006 hat die Kommission für das Welterbe sieben Vorschläge Norwegens angenommen (s. Abb. 4): die Hansatische Brücke in Bergen (1979), die Stabkirche von Urnes (1979), die Bergbaustadt Roros (1980), die Felszeichnungen von Alta (1985), den Vega-Archipel (2004), den Geiranger- und der Nærøyfjord an Norwegens Westküste (2005) und den Struve-Meridianbogen (2005). Die Nominierung für die Liste des Weltberbes fördert die weltweite Beachtung von Objekten des Weltberbes, auch wenn dazu nicht unbedingt spezielle oder zusätzliche Schutzmaßnahmen notwendig sind. Die Homepage der UNESCO im Internet (<http://www.unesco.org>) gibt einen weitläufigen Überblick über die Kultur- und Naturdenkmäler. Die Homepage der Norwegischen Denkmalschutzämter (<http://www.ra.no>) zeigt die als Welterbe anerkannten norwegischen Denkmäler. Ausführlichere Informationen zum Struve-Meridianbogen und zur modernen Geodäsie im allgemeinen sind auf der Homepage des Norwegischen Landesvermessungsamtes (<http://www.statkart.no>) zu finden.