

## Basels Stellung in der Milchstrasse

Autor(en): Uli Werner Steinlin, Gustav Andreas Tammann

Quelle: Basler Stadtbuch

Jahr: 1977

<https://www.baslerstadtbuch.ch/.permalink/stadtbuch/a4a67621-fc0f-4123-9dc2-c29cb60c7552>

### Nutzungsbedingungen

Die Online-Plattform [www.baslerstadtbuch.ch](http://www.baslerstadtbuch.ch) ist ein Angebot der Christoph Merian Stiftung. Die auf dieser Plattform veröffentlichten Dokumente stehen für nichtkommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung gratis zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrücke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des vorherigen schriftlichen Einverständnisses der Christoph Merian Stiftung.

### Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Online-Plattform [baslerstadtbuch.ch](http://www.baslerstadtbuch.ch) ist ein Service public der Christoph Merian Stiftung.

<http://www.cms-basel.ch>

<https://www.baslerstadtbuch.ch>

---

**Uli Werner Steinlin    Gustav Andreas Tammann**

# Basels Stellung in der Milchstrasse

---

Nicht weit von Basel, zwischen den Gemeinden Laufen und Liesberg, liegt der «Planetenweg». Auf ihm ist das Sonnensystem in milliardenfacher Verkleinerung massstabgetreu dargestellt. Vom Modell der Sonne, einer Kugel mit einem Durchmesser von 140 cm, ausgehend, findet man nach 60 Metern ein kaperngrosses Kügelchen, das den sonnennächsten Planeten Merkur symbolisiert. Nach 110 Metern trifft man auf die Venus und erreicht nach 150 Metern die Erde, die nicht grösser als eine Haselnuss ist. Die Abstände zu den weiteren Planeten nehmen rasch zu, und den sonnenfernsten Planeten Pluto, kaum grösser als Merkur, erreicht man erst nach dreistündiger Wanderung.

Es gibt kaum eine eindrücklichere Demonstration der Leere des Universums: nur etwa ein Hundertmilliardstel des Raumes des Sonnensystems wird von der Sonne und ihren Planeten eingenommen; zwischen ihnen herrscht ein gewaltiges, fast perfektes Vakuum. Und doch kommen im Sonnensystem ungewöhnlich viele Körper auf verhältnismässig kleinem Raum vor. Wollte man den nächsten Fixstern, den Stern Alpha im Sternbild Centaurus, der im Gegensatz zu den Planeten eine heisse, selbstleuchtende Gaskugel ähnlich unserer Sonne ist, massstabgetreu auf dem Planetenweg aufstellen, so käme er als weitere metergrosse Kugel in eine Entfernung von 40 000 km zu stehen.

Das heisst nichts anderes, als dass der nächste ebenbürtige Nachbar unserer Sonne in einer Entfernung von einer Milliarde mal 40 000 km (= 40 Billionen Kilometer) steht. Selbst das Licht, das sich mit 300 000 km pro Sekunde (!) ausbreitet, braucht für diesen Weg 4.3 Jahre. Man sagt daher, dass Alpha Centauri 4.3 Lichtjahre entfernt sei.

Ein Blick ans nächtliche Firmament zeigt Tausende von Fixsternen, die alle Sonnen wie unsere Sonne und wie Alpha Centauri sind. Ihre Zahl wächst beim Blick durch einen guten Feldstecher auf Zehntausende und auf Hunderttausende mit Hilfe eines kleinen Fernrohrs. Ein grosses Teleskop schliesslich zeigt, dass das am Nachthimmel schwach leuchtende Band der Milchstrasse aus Myriaden einzelner Sonnen besteht. Tatsächlich baut sich die Milchstrasse aus etwa hundert Milliarden Fixsternen auf, und vielleicht werden viele dieser Sonnen von kleinen Planeten umkreist, von denen manche – so mag man spekulieren – dem Leben ähnlich günstige Bedingungen wie unsere Erde bieten.

Die unfasslich grosse Zahl von Fixsternen in unserer Milchstrasse, die sich über Zehntausende von Lichtjahren verteilen, wirft eine Kette von Fragen auf: Woraus sind die Sterne aufgebaut und warum leuchten sie? Wann und wie wurden diese Sterne geformt? Werden heute noch neue Sterne geboren? Gibt es Sterne, die bereits am Ende ihres «Lebens»

angelangt sind und nun erlöschen? Auf diese Fragen sind auf Grund des sehr grossen Beobachtungsmaterials in unserem Jahrhundert von den theoretischen Astrophysikern manche Antworten gefunden worden. Wir wissen heute, dass Sterne sich durch das Zusammenballen von gewaltigen kosmischen Gaswolken bilden, dass diese Gasmassen hauptsächlich aus Wasserstoff, dem weitaus häufigsten Element im Universum, bestehen, und dass Sterne den ungeheuren Energiebedarf für ihr oft Milliarden Jahre langes Leuchten durch «Verbrennen» dieses Wasserstoffes in Kernreaktionen zu Helium und weiter zu schwereren Elementen decken. Diese Umwandlung des Wasserstoffes in schwerere Elemente im innersten Kerngebiet der Sterne erfolgt umso schneller, je heisser der Kern ist. Da bei massereichen Sternen (mit etwa zehn- bis zwanzigfacher Sonnenmasse) die Innentemperatur viel höher ist, leuchten solche Sterne unvergleichlich viel heller als die Sonne. Das heisst aber, dass sie vergleichsweise kurzlebig sind. «Kurzlebig» heisst in diesem Zusammenhang etwa 100 Millionen Jahre, während unsere Sonne ihre Strahlung gut und gern etwa 20 Milliarden Jahre aufrechterhalten kann, bis ihr Wasserstoff-Vorrat erschöpft ist, und ein Stern mit nur einem Zehntel der Sonnenmasse und entsprechend viel kleinerer Leuchtkraft in der gleichen Zeitspanne noch fast gar nicht altert. Hat ein Stern einmal seinen Energievorrat aufgebraucht, so geht er dem Ende seiner Entwicklung entgegen: er wird ein langsam auskühlender «Weisser Zwerg» oder in seltenen Fällen über den Weg einer gigantischen Explosion als sogenannte Supernova zu einem hochkomprimierten Neutronenstern.

Sowohl die Weissen Zwerge als auch die Supernovae sind ein Forschungsgebiet des

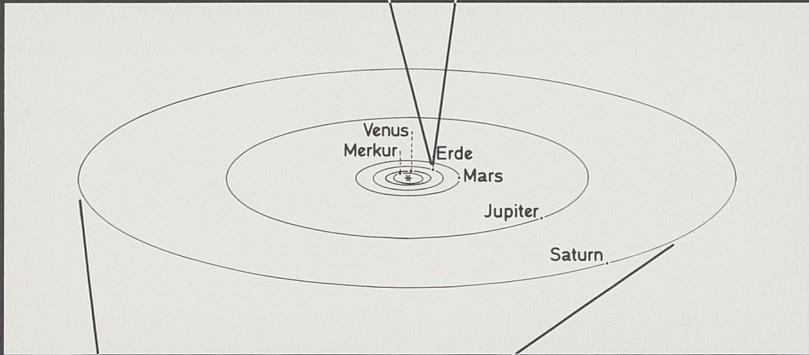
Astronomischen Instituts der Universität Basel. Hauptarbeitsgebiet des Instituts aber ist die Erforschung der Struktur unserer Milchstrasse. Aus dem oben Gesagten ergeben sich zahlreiche Probleme für unsere Versuche, den Bau des Kosmos und die in ihm geltenden physikalischen Gesetze zu verstehen. Ist unsere Milchstrasse nur eine rein zufällige, also chaotische Ansammlung von Sternen oder ist sie gemäss einem systematischen Strukturprinzip aufgebaut? Wenn ja: wo befinden wir uns innerhalb unseres Milchstrassensystems? Wie sind die Sterne verschiedenen Alters in ihr verteilt? Gibt es Gebiete, in denen wir vor allem die alten Sterne finden, und andere, in denen vorzugsweise neue Sterne gebildet werden?

Durch die Arbeit des 1977 emeritierten Ordinarius für Astronomie, Wilhelm Becker, wurde die Erforschung der Milchstrassenstruktur während der letzten 25 Jahre zu einem Basler Spezialgebiet. Ihm gelang es, drei wichtige Grundbedingungen für neue Erkenntnisse auf diesem Gebiet zu erfüllen. Erstens hatte er eine neue Methode entwickelt – die sogenannte Dreifarbenphotometrie –, um schnell und damit für sehr zahlreiche und auch für sehr schwache Sterne Entfernungen zu bestimmen. Diese Methode beruht darauf, dass die Sterne je nach ihrer Oberflächen-Temperatur in verschiedenen Bereichen des Spektrums (verschiedene Farben des Lichtes) unterschiedliche Energiemengen abstrahlen. Durch die Messung der Helligkeit eines Sternes in drei geeignet gewählten Wellenlängenbereichen kann man demzufolge die Temperatur eines Sternes

Veranschaulichung der Grössenverhältnisse: Die Erde im Sonnensystem – Das Sonnensystem in der Milchstrasse. (Statt der Milchstrasse ist vertretend die grosse Galaxie im Sternbild Andromeda abgebildet).



1 : 30'000



1 : 500'000'000



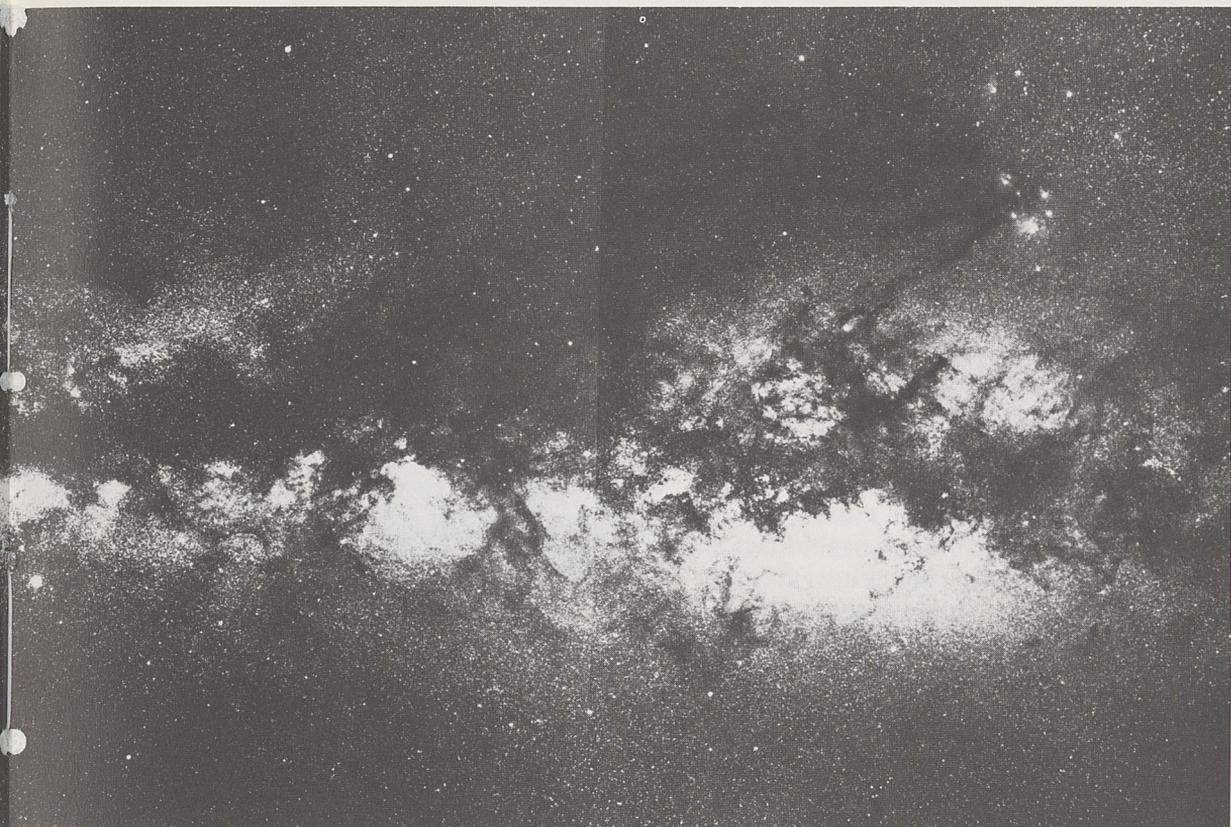


bestimmen. Aus der Temperatur lässt sich in ziemlich einfacher Weise auf die Leuchtkraft, das heisst die gesamte vom Stern ausgestrahlte Energie, schliessen. Der Vergleich der Leuchtkraft des Sternes mit der von uns beobachteten scheinbaren Helligkeit ergibt – nach einer zusätzlichen Korrektur für die Absorption eines kleinen Teils der Sternstrahlung durch den zwischen den Sternen ausserordentlich dünn verteilten Staub – die Entfernung.

Zweitens gelang es Wilhelm Becker, an den grössten hierfür geeigneten Teleskopen Aufnahmen zahlreicher ausgewählter Testfelder

aus der ganzen Milchstrasse zu erhalten. So kamen Hunderte von photographischen Platten von Palomar Mountain in Californien, von Hamburg und Italien und für den südlichen Himmel von Südafrika und Chile nach Basel. Diese Platten mussten, da sie ja in drei verschiedenen Spektralbereichen ihre Information vermitteln sollten, eigens für das Basler Programm von den Mitarbeitern des Instituts an diesen Orten aufgenommen werden.

Letztlich war die Aufgabe zu lösen, die im allgemeinen äusserst mühselige Messung scheinbarer Helligkeiten von Tausenden von



Sternen, die auf jeder Platte abgebildet sind, rasch und exakt durchzuführen. Hierzu entwickelte Wilhelm Becker ein ausserordentlich effektives, zuverlässiges Instrument, das Basler Irisblenden-Photometer. Es wurde seither in etwa 15 Exemplaren gebaut und wird an vielen Sternwarten in der Schweiz und im Ausland eingesetzt.

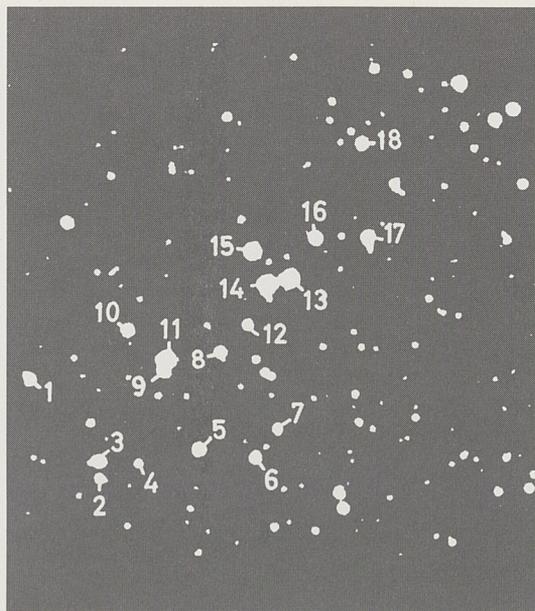
Über die tägliche praktische Arbeit mit dieser Methode der Dreifarbenphotometrie liesse sich noch manches berichten. Für uns hier wichtig ist das Ergebnis, dass auf diesem Wege bis heute für etwa 60 000 Sterne Entfernungen bestimmt werden konnten. Damit

Anblick unserer Milchstrasse für einen in ihrem Inneren befindlichen Beobachter (d.h. von der Erde aus). Das Bild ist ein Mosaik mehrerer mit einem Teleskop aufgenommener Himmels-Photographien. Nur der Teil des Milchstrassenbandes ist gezeigt, der einem Beobachter auf der nördlichen Hemisphäre sichtbar ist.

wird es möglich, das flächenhafte Bild der Milchstrasse umzuwandeln in ein dreidimensionales Modell des Systems und seine räumliche Struktur zu untersuchen. Es zeigte sich dabei, dass besonders markante Fixpunkte dieser Struktur die Sternhaufen sind. Dies

sind Ansammlungen von Sternen auf relativ kleinem Raume, die alle miteinander aus einer einzigen grossen Wasserstoffwolke entstanden sind. Alle Sterne eines Haufens haben also das gleiche Alter und die gleiche Entfernung von uns. Die dreifarbenphotometrische Untersuchung ergibt für sie nicht nur besonders genaue Entfernungen, sondern auch eine zuverlässige Altersbestimmung. Man kann in ihm die massivsten Sterne, die ihren Wasserstoffvorrat eben aufgebraucht haben, erkennen, da sie sich vor dem Übergang ins Endstadium des Weissen Zwerges noch einmal zu sehr hellen, extrem roten und darum leicht zu identifizierenden Riesensternen aufblähen. Auch unsere Sonne wird einmal, in einigen Milliarden Jahren, ein solcher Roter Riesenstern werden und wird damit unserer Erde – im Gegensatz zur allgemeinen Annahme – nicht einen Kältetod, sondern einen Hitzetod bereiten. Für einen Roten Riesenstern, der Mitglied eines Sternhaufens ist, lässt sich einerseits die Gesamtmasse und damit sein ursprünglicher Wasserstoff-Vorrat bestimmen, andererseits aus seiner Leuchtkraft sein Energieverbrauch errechnen. Damit ist die Zeit bestimmt, während der er von der Wasserstoff-Umwandlung leben konnte, und damit auch sein Alter und mit dem seinen das des ganzen Sternhaufens. Im Zuge der Bearbeitung der Daten von über zweihundert Sternhaufen wurden am Basler Institut überraschend zwanzig neue Haufen gefunden, die bisher in keinem Sternkatalog vorkamen. Diese neuen Haufen tragen die Bezeichnung Basel 1 bis Basel 20.

Durch diese Arbeiten ist nicht nur der Name Basels in der Milchstrasse verewigt, sondern Basel hat auch einen festen Platz in der internationalen Milchstrassenforschung erworben. Zeichen dafür sind sowohl ein interna-



Der Sternhaufen «Basel 17». Die hellsten Sterne mit Helligkeiten zwischen der 10. und 14. Grössenklasse sind numeriert. Der Sternhaufen steht in einer Entfernung von 5400 Lichtjahren im Sternbild Carina.

tionales Symposium über den Bau der Milchstrasse in Basel 1969 wie auch die zahlreichen Forscher aus Deutschland, Frankreich, Griechenland, Italien, Österreich und Spanien sowie aus Ägypten, Südafrika, der Türkei und den Vereinigten Staaten, die für einige Wochen oder Monate nach Basel kamen, um sich hier in die Basler Arbeitsmethoden einführen zu lassen oder an ihnen mitzuarbeiten.

Das eindrucklichste Ergebnis dieser Untersuchungen ist ein Bild unserer Milchstrasse als eines aus jüngeren und älteren Sternen nach klaren Strukturprinzipien gegliederten Systems, in dem auch unsere Sonne eine von vielen Milliarden Sternen ist. Die drei we-

sentlichsten Komponenten dieser Struktur sind der Halo, die in ihm eingebettete Scheibe, der weitaus die meisten Sterne angehören, und die innerhalb der Scheibe liegende Spiralstruktur.

Der Halo unserer Milchstrasse füllt einen nahezu kugelförmigen Raum mit einem Durchmesser von etwa 150 000 Lichtjahren. Er enthält die ältesten Sterne der Milchstrasse, die ein überraschend einheitliches Alter von 15 Milliarden Jahren aufweisen und deutlich zum Zentrum des Systems hin konzentriert sind. Offenbar sind diese Sterne in der Jugend unserer Milchstrasse gebildet worden, und da im Halo keine weiteren Gasmassen mehr übrig blieben, hat die Entstehung neuer Sterne dort längst aufgehört. Alle massiven – und das heisst kurzlebigen – Sterne im Halo sind darum ausgebrannt, und die noch heute vorhandenen Sterne sind höchstens etwa noch so schwer wie unsere Sonne. Die bereits ausgebrannten Sterne des Halos haben in ihrem Innern Wasserstoff in schwerere Elemente umgewandelt und diese wohl hauptsächlich in den gewaltigen Supernova-Explosionen an das interstellare Gas zurückgegeben. Der Halo hat so bei der Entstehung der Elemente eine wichtige Rolle gespielt, und wenn wir heute auf der Erde Eisen, Gold und Uran finden, sind diese Elemente mindestens zum Teil einst im Halo gebildet worden. Die Halosterne selber müssen zu einer Zeit entstanden sein, in der noch sehr wenige solcher Elemente vorhanden waren. Dementsprechend beobachten wir in den Spektren dieser Sterne ungewöhnlich schwache Spektrallinien dieser Elemente.

Die linsenförmige, sehr viel dichter mit Sternen besetzte Milchstrassenscheibe liegt mit ihrer Hauptebene innerhalb des Halos. Wir selber befinden uns mit unserer Sonne in dieser Scheibe, deren Abermilliarden von

Sternen sich für uns als das leuchtende Band der Milchstrasse an den Himmel projizieren. Hier finden wir Sterne ganz verschiedenen Alters und chemischer Zusammensetzung. Sie verteilen sich auf die ganze Spanne von solchen, die in Alter und Mangel an schweren Elementen beinahe an die Halosterne heranreichen, bis zu den allerjüngsten, kaum einige Millionen Jahre alten mit deutlich höherer Beimischung schwerer Elemente. Die Sonne gehört dabei mit ihren 5 Milliarden Jahren etwa zur mittleren Altersgruppe. Je jünger die Sterne, umso deutlicher sind sie gegen die Hauptebene der Scheibe konzentriert. Dort spielt sich offensichtlich immer noch die Neubildung von Sternen ab. Hierfür spricht auch die beobachtete starke Konzentration des Baumaterials, des interstellaren Gases, zu dieser Ebene hin. Ziemlich sicher hat sich die Milchstrasse aus einer riesigen Wolke von Wasserstoffgas entwickelt, die sich aufgrund ihrer eigenen Gravitation zusammenzog. In der Frühphase der Kontraktion bildeten sich die Halosterne; bei weiterer Kontraktion rotierte die Gaskugel (wegen der Erhaltung des Drehimpulses) immer rascher, und diese Rotation erzwang die Bildung nicht einer immer dichteren Kugel, sondern einer immer flacheren, rotierenden Scheibe. Diese Rotation der Scheibensterne – im Gegensatz zu den Halosterne – können wir beobachten; die Sonne etwa bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 250 km/sec auf ihrer Bahn um das 30 000 Lichtjahre entfernte Milchstrassen-Zentrum. Zu einem Umlauf braucht sie ungefähr 250 Millionen Jahre; sie hat also in ihrem Leben schon etwa zwanzigmal das Zentrum umkreist. Aus dieser Bewegung lässt sich die innerhalb der Sonnenbahn liegende Masse bestimmen: ihre Gravitation muss ausreichen, um die Sonne auf ihre Kreisbahn zu

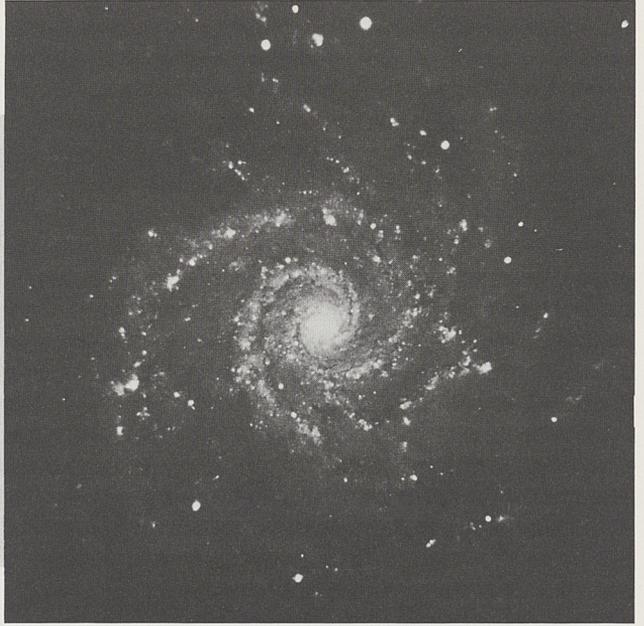
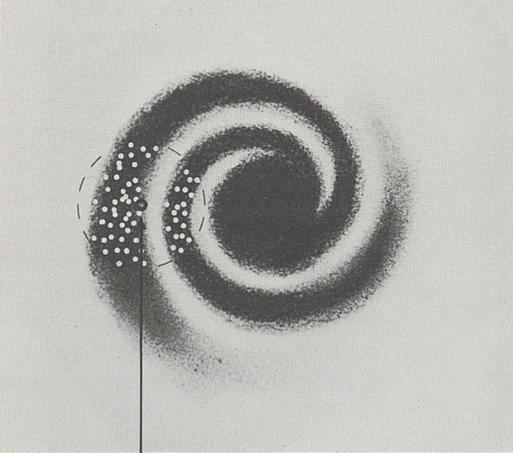
zwingen. Dies verlangt etwa 100 Milliarden Sonnenmassen; zusammen mit den Halo-  
sternen und den ausserhalb der Sonnenbahn  
liegenden Scheibensternen dürfte die Ge-  
samtmasse der Milchstrasse etwa zwei bis  
dreimal so gross sein.

Die jüngsten Sterne der Scheibe sind in ihr  
nicht gleichförmig verteilt, sondern konzen-  
trieren sich in gewissen Gebieten, wo sie nach  
einem höchst merkwürdigen Spiralmuster  
angeordnet sind. Diese dritte, spiralförmige  
Strukturkomponente ist in vielen andern  
Sternsystemen, die wir aus der Distanz über-  
blicken können, leicht zu erkennen, sie ist  
aber in unserem eigenen System schwer  
nachzuweisen, da wir selber uns ja inmitten  
des Systems, am Innenrand eines Spiralarms,  
befinden. Hier haben die Basler Beobach-  
tungen, besonders die der Sternhaufen, eine  
wesentliche Rolle gespielt: Sternhaufen, die  
weniger als 25 Millionen Jahre alt sind, liegen  
sehr klar entlang der Spiralarms, während  
die älteren mehr zufällig in der ganzen Scheibe  
verteilt sind. Daraus muss geschlossen  
werden, dass die Entstehung von Stern-  
haufen – und Sternen allgemein – sich in den  
Spiralarmsen abspielt und darum hier die  
jüngsten Sterne zu finden sind. Ältere Ob-  
jekte haben genügend Zeit gehabt, sich dank  
ihrer individuellen, relativ kleinen Zufallsge-  
schwindigkeiten über den Bereich der gan-  
zen Scheibe zu verteilen. Bestätigt wird dies  
es Bild durch die Konzentration auch des  
interstellaren Gases auf die Spiralarms. Die  
Entfernung und damit räumliche Anord-  
nung dieses Gases lässt sich dann besonders  
genau bestimmen, wenn extrem heisse – und  
das heisst immer sehr massive und damit  
junge – Sterne in ihm eingebettet sind und  
mit ihrer starken Ultraviolettstrahlung den  
Wasserstoff ionisieren und zum Leuchten  
bringen. Mit in Basel entwickelten Methoden

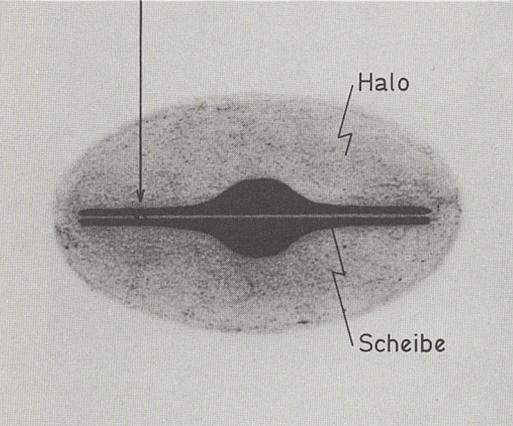
konnten die Entfernungen solcher leuchten-  
der Wasserstoffwolken bestimmt und damit  
ihre Lage vor allem in den Spiralarms nach-  
gewiesen werden. Zahlreiche Astronomen,  
Physiker und Mathematiker haben schon zu  
einer Lösung des Problems beigetragen, wie  
und warum die Milchstrasse eine Spiralstruk-  
tur angenommen hat. Eine vollständige Er-  
klärung steht noch immer aus; diese endgül-  
tige Lösung wird sicher einen bedeutsamen  
Schlüssel zu einem Verständnis der Milch-  
strasse als Ganzes bringen.

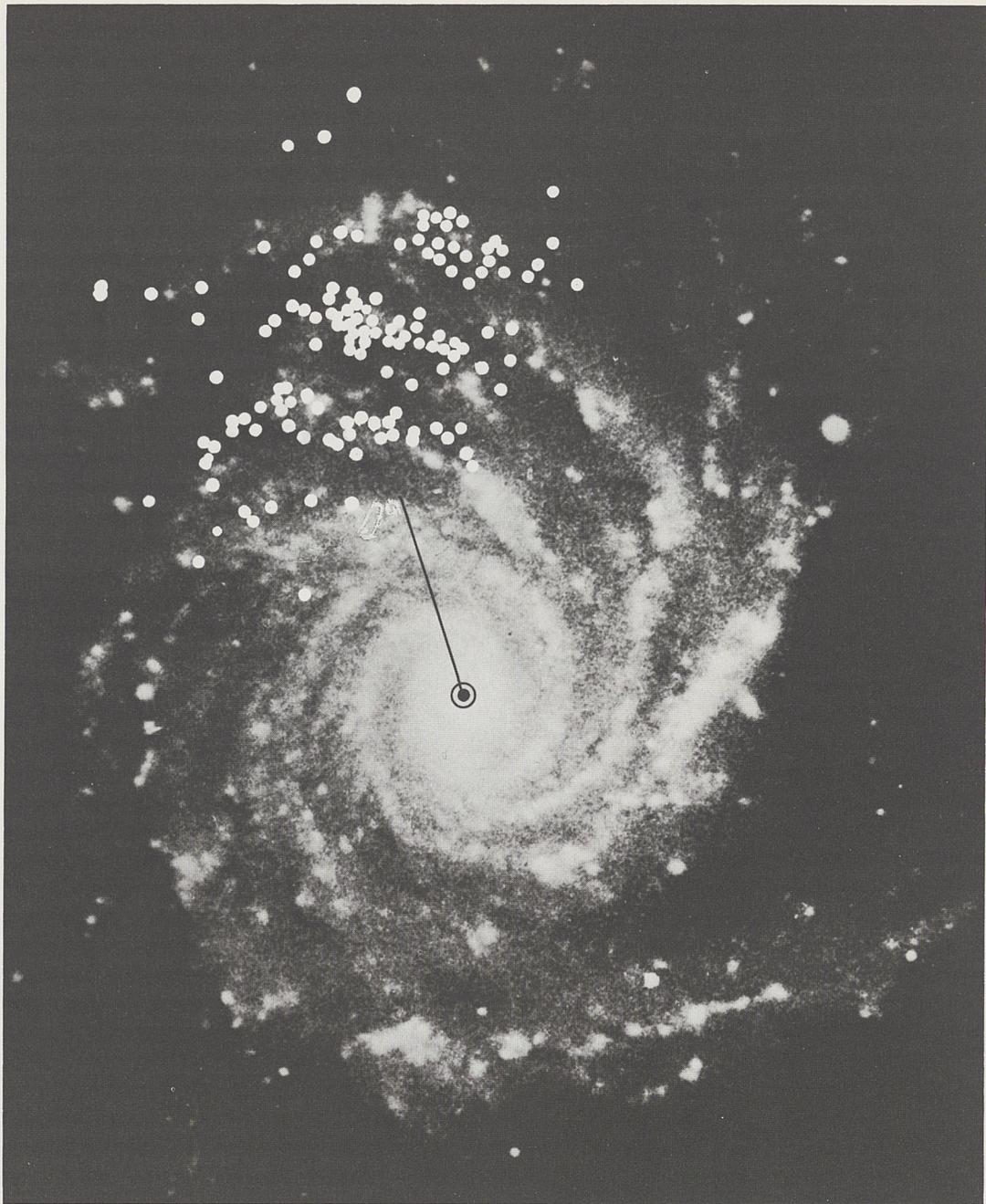
Nachweis und Erklärung der Struktur unse-  
rer Milchstrasse mag als ein etwas esoteri-  
sches Problem erscheinen, das über diese  
spezielle Fragestellung hinaus keine weitere  
Bedeutung hat. Nun gibt es aber – wie man  
erst seit fünfzig Jahren mit Sicherheit weiss –  
Milliarden und Abermilliarden von andern  
Milchstrassen (zum Unterschied von der uns-  
rigen «Galaxien» genannt). Sie bestehen ih-  
rerseits aus Millionen und Milliarden Son-  
nen. Manche zeigen ähnliche Spiralstruktu-  
ren wie unsere Milchstrasse, manche haben  
die Form von unstrukturierten Linsen oder  
Ellipsoiden. Die Erforschung dieser Gala-  
xien steht in enger Wechselwirkung mit der  
Milchstrassenforschung: viele Einzelheiten  
können wir nur bei uns «in der Nähe» beob-

Der Aufbau unserer Milchstrasse: *Links*, oben: sche-  
matischer Versuch, die durch die Basler Beobach-  
tungen lokalisierten Spiralindikatoren (junge Sternhaufen  
und leuchtende Gaswolken) zu einer vollen Spirale zu  
ergänzen; unten: dieselbe Galaxie in «Seitenansicht»,  
das heisst von der Kante gesehen. Der weisse Streifen  
entlang der Kante symbolisiert den absorbierenden  
interstellaren Staub. *Rechts*: Photographien von zwei  
Galaxien, die zufällig die entsprechenden Orientierun-  
gen im Raum und etwa den gleichen Typ wie unsere  
Milchstrasse haben. (In der unteren Photographie wür-  
den die lichtschwachen Sterne des Halos erst bei sehr  
viel längerer Belichtung sichtbar werden).



ungefähre Lage  
der Sonne





achten und messen; anderes – vor allem das Gesamterscheinungsbild und die ganze Vielfalt möglicher Formen – können wir als ausserstehende Beobachter leichter in entfernteren Galaxien erforschen. Es ist darum nur natürlich, dass das Basler Arbeitsgebiet seit einem Jahrzehnt auch auf die Erforschung anderer Galaxien ausgedehnt wurde. Dies war umso mehr gegeben, als es sich zeigte, dass die Basler Dreifarbenphotometrie auch sehr geeignet ist, um gewisse Sondertypen von Galaxien (die für Fragen der Kosmologie bedeutsamen «Quasare») noch bis in sehr grosse Entfernungen entdecken zu können. Ein Basler Katalog von möglichen Kandidaten für solche Objekte ist eben erschienen. Letztes Ziel ist es, zu verstehen, wie Galaxien entstehen, sich entwickeln und – wenn möglich – sich in Zukunft weiter entwickeln werden. Fast die ganze Materie des Universums ist in Galaxien enthalten. Verständnis der Galaxien heisst darum Einblick in den Aufbau des Universums als Ganzem. Wesentliche Bausteine dieses Wissens vom Kosmos liegen heute vor. So haben beinahe sicher alle Galaxien ein sehr ähnliches Alter und sind vor 15 bis 18 Milliarden Jahren entstanden. Das bedeutet, dass nicht nur unsere Milchstrasse, sondern der ganze Kosmos, wie wir ihn heute kennen, nicht seit Ewigkeit existiert, sondern eine Geburtsstunde erlebt hat. Andererseits sprechen vie-

Die in Basel lokalisierten Spiralarmindikatoren (junge Sternhaufen und leuchtende Gaswolken) sind als weisse Punkte auf die externe Galaxie NGC 1232 projiziert. Die Projektion ist massstabgetreu. Aus der guten Übereinstimmung der weissen Punkte mit den Spiralarmen der Galaxie wird geschlossen, dass die Milchstrasse der Galaxie NGC 1232 sehr ähnlich ist.

le Indizien dafür, dass das Universum keinem plötzlichen oder dramatischen Tod entgegengeht. Es wird eher ruhig und äusserst langsam im Laufe von Dutzenden von Milliarden Jahren seine Brennstoffvorräte aufbrauchen und schliesslich erkalten.

Für uns hier und jetzt ist aber vor allem von Bedeutung, dass die physikalischen Gesetze, wie wir sie auf der Erde kennen, offenbar auch in den fernsten Weiten des Universums gelten. Wohl hat die Astronomie unsere Kenntnisse der physikalischen Gesetze mehrmals entscheidend beeinflusst, so etwa im 17. Jahrhundert durch die Entdeckung des Gravitationsgesetzes und zu Beginn unseres Jahrhunderts durch die Allgemeine Relativitätstheorie. Aber immer hat sich gezeigt, dass die einmal als richtig erkannten Gesetze ihre Gültigkeit über den ganzen Bereich – von unserer irdischen Umwelt bis hinaus in die grössten Tiefen des Universums – bewahren. Die Sterne sind aus den gleichen Elementen aufgebaut wie die Erde, überall erzeugen diese Elemente dieselben Spektrallinien, an denen wir sie erkennen, überall spielen sich die gleichen Strahlungsmechanismen, die gleichen Kernprozesse ab, und überall herrscht das gleiche Gravitationsgesetz. Die Astronomie stellt unserem Streben, die Natur zu erforschen, ein grossartiges und überdies wohlfeiles Laboratorium zur Verfügung: die Materie und die physikalischen Prozesse können unter extremsten Bedingungen – bei höchsten Temperaturen und Drücken, in äusserster Verdünnung, über die längsten Zeiten und in gewaltigen Räumen – untersucht werden, wie dies in einem irdischen Laboratorium nur mit ungeheuren Kosten oder überhaupt nicht möglich wäre. Dass auch Basel zur Nutzung dieses «Laboratoriums Weltraum» beitragen kann, wäre nicht möglich ohne die kontinuierliche Un-

terstützung des Schweizerischen Nationalfonds, dessen segensreiches Wirken auch hier Anlass zu Dankbarkeit ist.

Für uns oft von Zweifeln und Zukunftssorgen belasteten Erdenbürgern hat das Weltbild der modernen Astronomie etwas ungewein Ermutigendes: Das Universum ist kein Chaos, sondern ein von allgemein gültigen

und für uns Schritt für Schritt verstehbaren Gesetzen geordneter Kosmos. In dieser Ordnung wird unsere Erde noch über Jahrmilliarden dem Leben freundlich sein. Versteht der Mensch, diese Zeit weise zu nutzen, so scheinen die Möglichkeiten für sein Streben nach Vollkommenheit nahezu unbegrenzt zu sein.