

# Die Suche nach den ältesten Sternen der Milchstraße

Prof. Norbert Christlieb

Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg

Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl



RUPRECHT-KARLS-  
UNIVERSITÄT  
HEIDELBERG

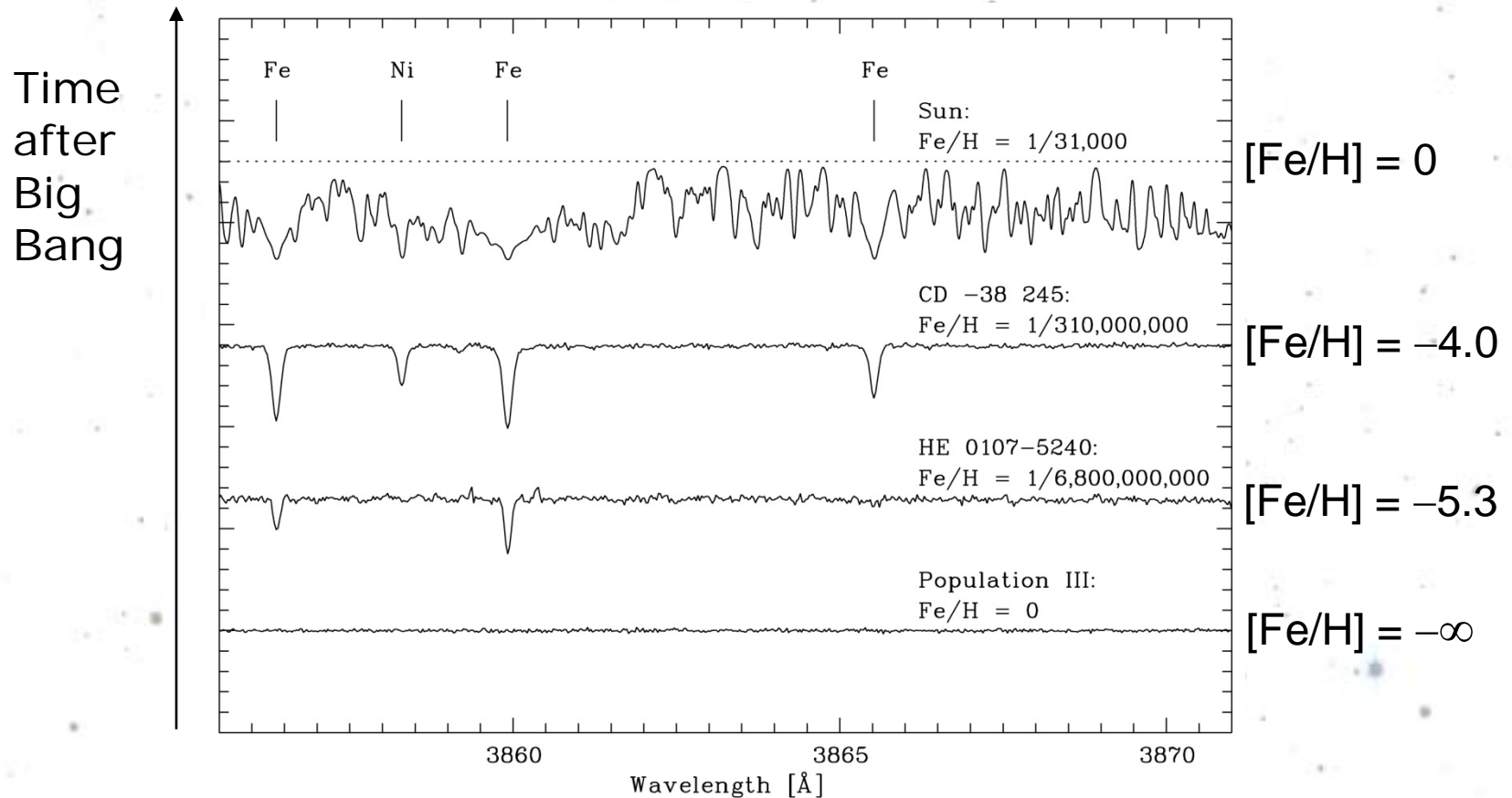


# Lebenslauf N. Christlieb

---

- 2000 Promotion in Physik an der Universität Hamburg, Fachbereich Physik
- 2000–06 Wissenschaftlicher Assistent (C1), Universität Hamburg, Fachbereich Physik, Hamburger Sternwarte
- 2001–02 Marie-Curie Fellow an der Universität Uppsala (1 Jahr)
- 2002–03 Linkage Fellow des Australian Research Council an der Australian National University (6 Monate)
- 2004 Guest Professor, National Astronomical Observatory of Japan, Tokyo (3 Monate)
- 2006–08 Research Fellow der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften an der Universität Uppsala
- Seit April 08 Professor (W3), Universität Heidelberg, ZAH, Landessternwarte

# Science case: Metal-poor stars



$$[X/Y] = \log_{10} (N_X/N_Y)_{\text{star}} - \log_{10} (N_X/N_Y)_{\text{Sun}} \text{ for elements X, Y}$$

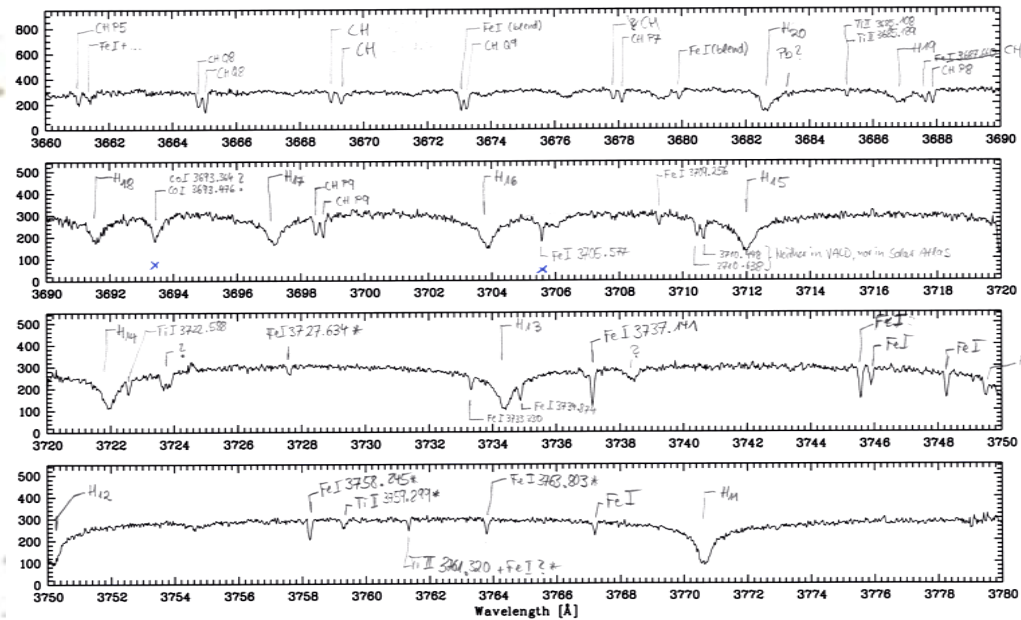
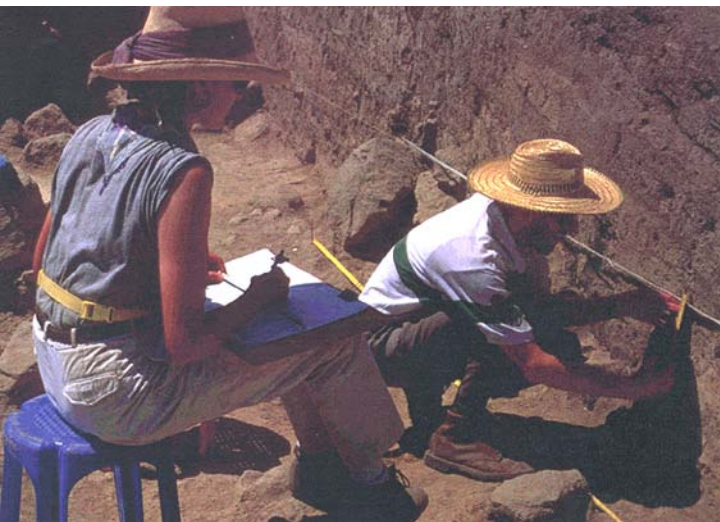
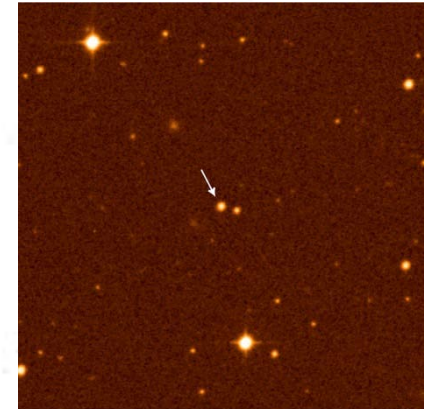
$N$  = number density of atoms

# Stellar archaeology



← „Excavation sites“ →

Deciphering the traces left behind by extinct generations of humans/stars



# Metal-poor star topics

---

- What is the primordial Li abundance?  
=> Test of BBN models, or determination of  $\Omega_B$
- Nucleosynthesis processes and their sites  
E.g., r-process, s-process; origin of carbon
- How old are the oldest stars?  
Age determination with nucleochronometry, e.g. Th/Eu; U/Th
- Initial Mass Function of the first generation of stars  
Top-heavy? Very Massive Stars? Did low-mass stars form?
- Star formation in low-metallicity environment  
Under which conditions can low-mass stars form?
- Galactic chemical evolution  
ISM mixing, star formation history, in- and outflow of gas, etc.
- Formation of the Galaxy  
E.g., correlations between abundances and kinematics, halo streams
- Evolution of zero and very-low metallicity stars  
Mixing, dredge-up, 2nd RGB,... (e.g., HE 0107-5240)
- Constraining models of the first supernovae  
E.g., mixing, explosion energy, „mass cut“; via comparison of abundances of the most metal-poor stars with SN yields

# How can we find metal-poor stars?

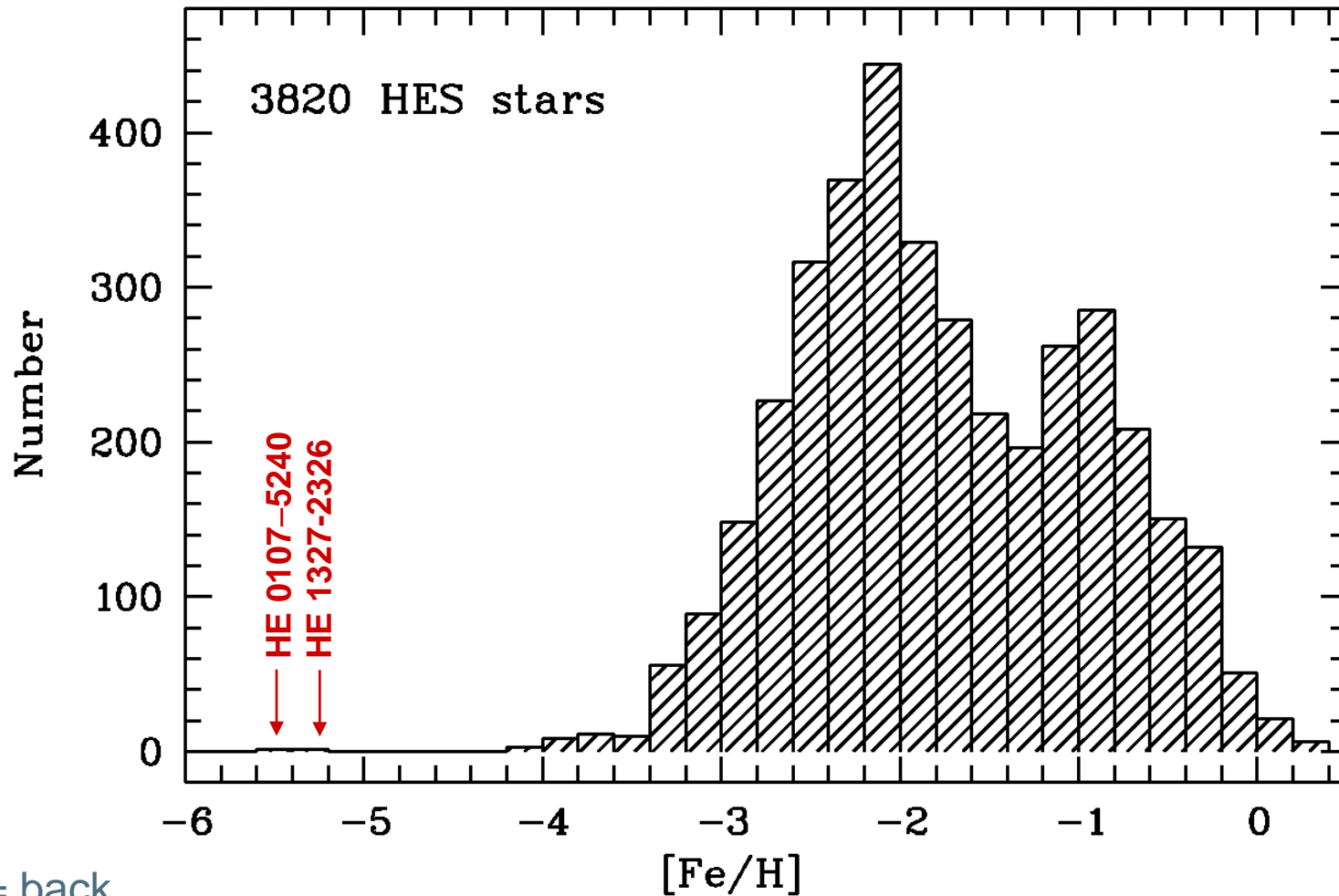
Metal-poor stars can best be identified in the halo of the Galaxy.

Problems:

- Metal-poor stars are very rare!  
In the halo, approximately
    - one out of ~1000 stars has  $[Fe/H] < -2.0$
    - one out of ~10,000 stars has  $[Fe/H] < -3.0$ .
  - They are difficult to recognize; especially very metal-poor stars (i.e., stars with  $[Fe/H] < -2.0$ ).
- => Wide-angle surveys



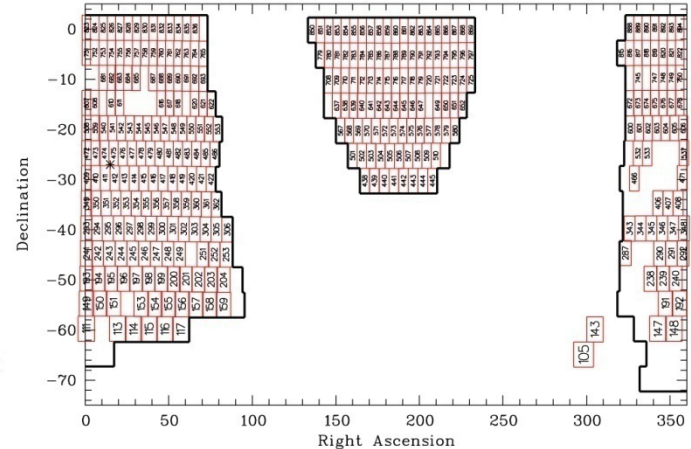
# The halo metallicity distribution function



[<= back](#)

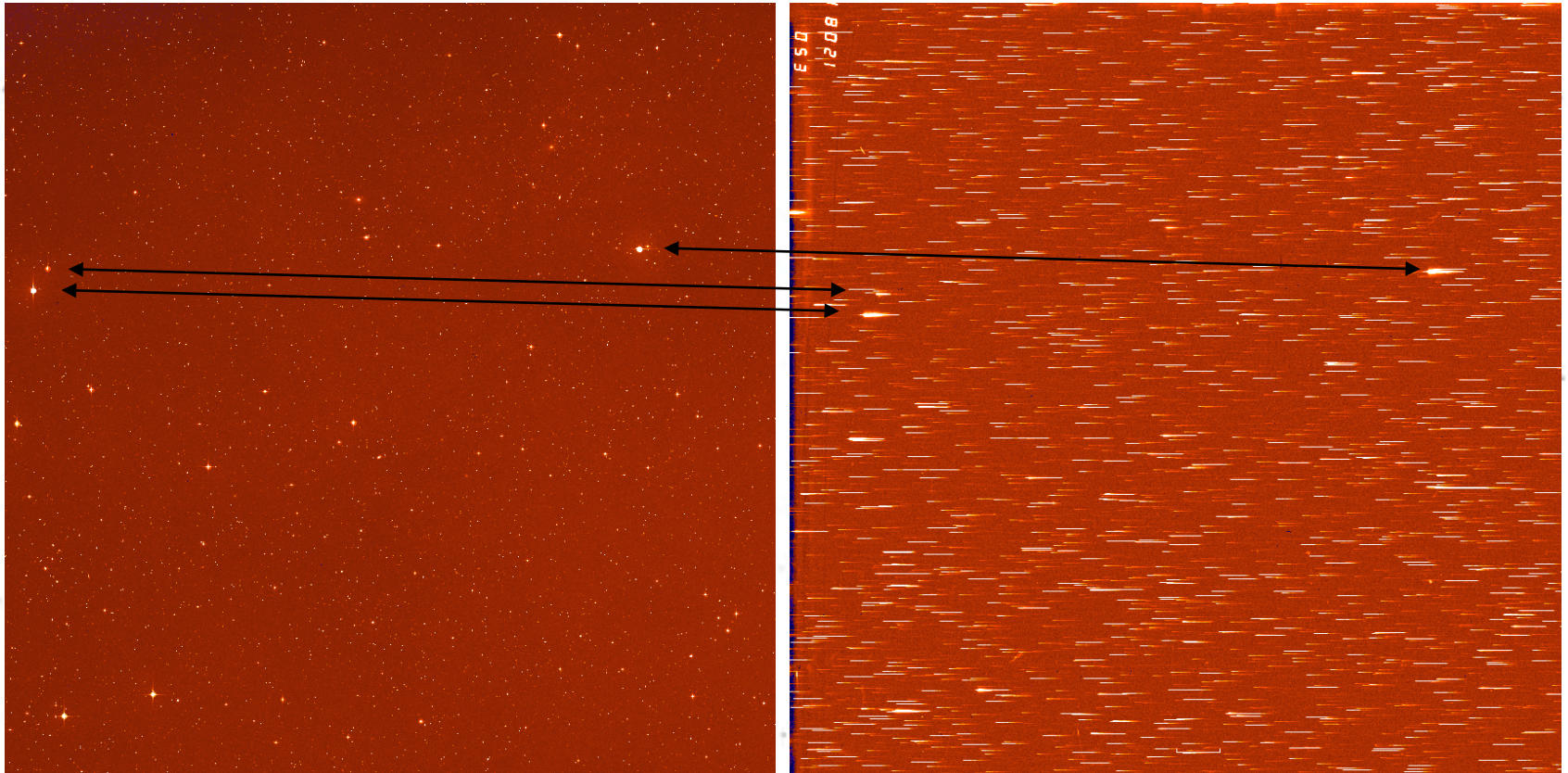
# Hamburg/ESO survey (HES)

- Objective-prism survey covering half of the southern sky
- 379 plates,  $5^\circ \times 5^\circ$  each
- Plates were taken with the 1m ESO Schmidt telescope in the 1990ies, then digitized in Hamburg
- 12,397,333 digital spectra





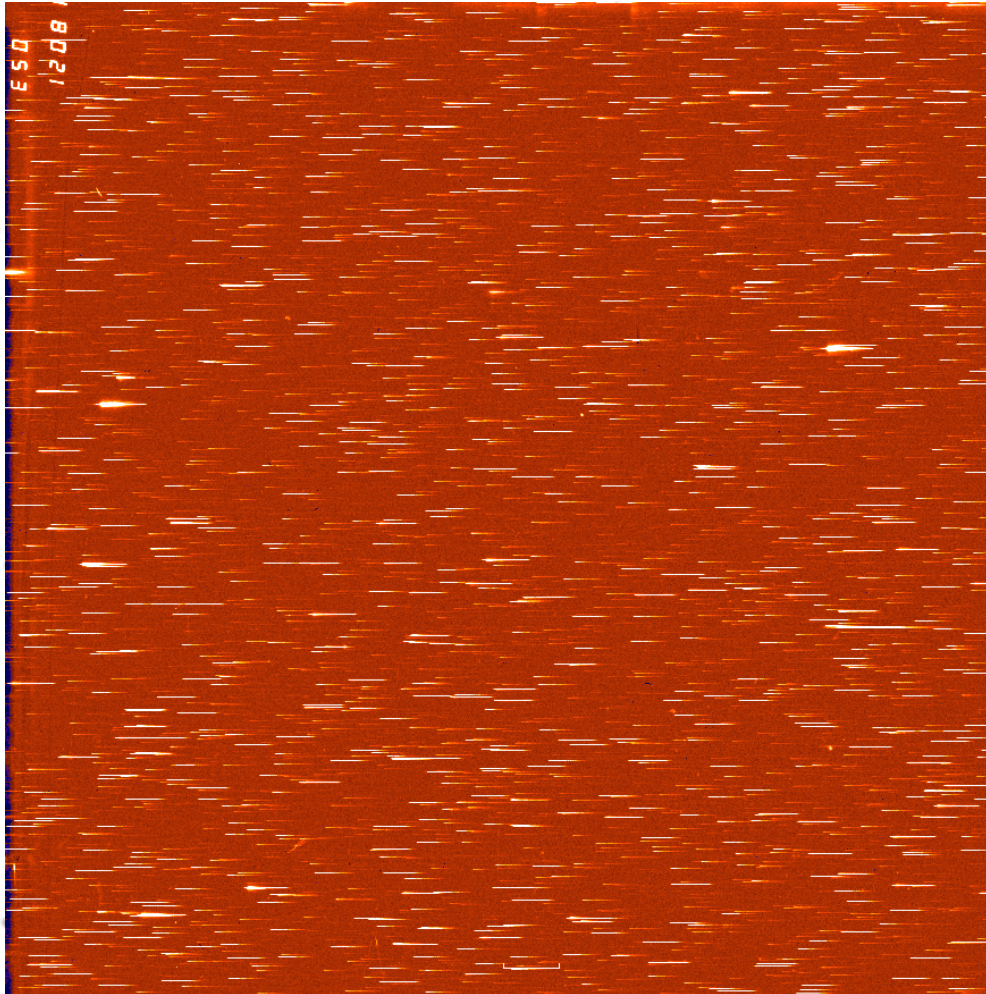
# Slitless spectroscopy



Direct image

Objective-prism plate

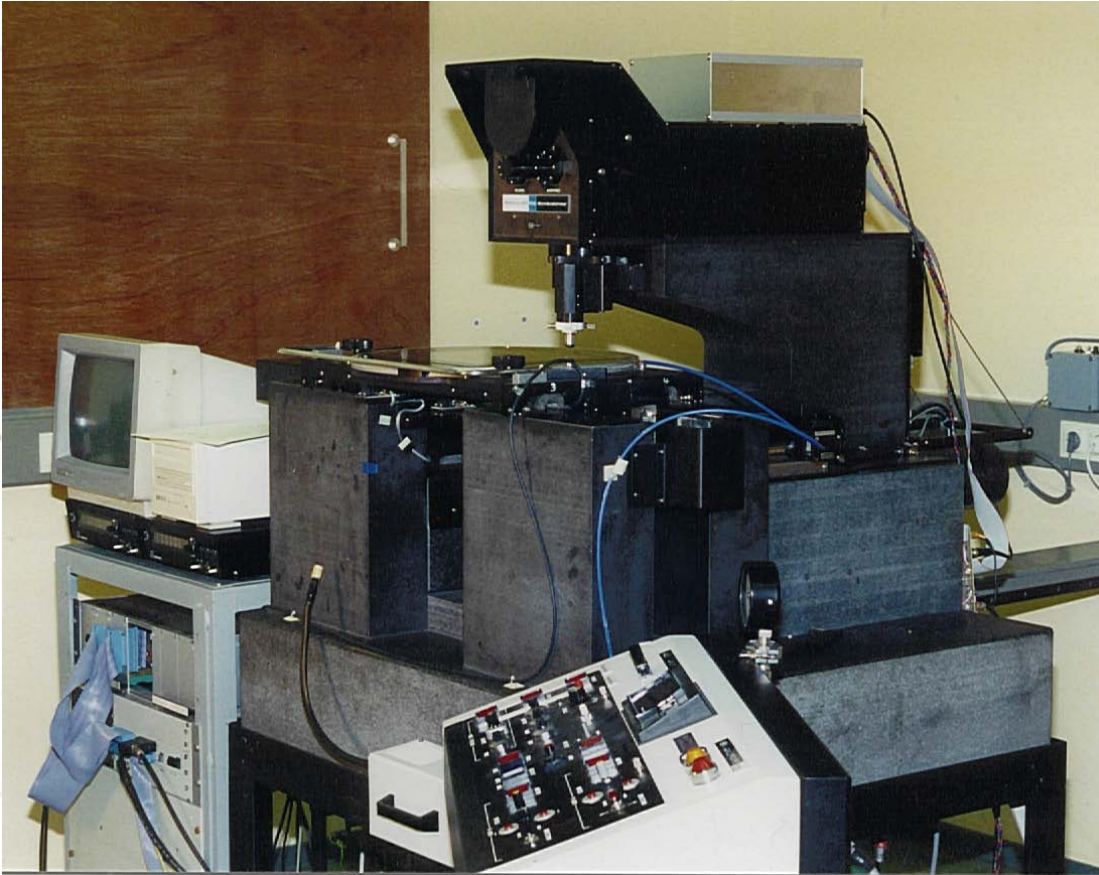
# Objective-prism plates



- Typical sky coverage:  $5^\circ \times 5^\circ$
- About 30,000 spectra per plate
- $\Delta\lambda \sim 10\text{\AA}$
- The interesting objects are very rare; e.g., one can find only 1–2 old, metal-poor stars on each plate

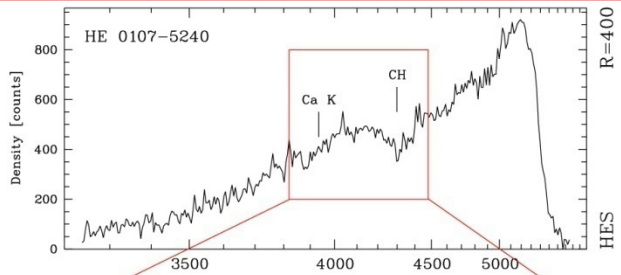
# Plate digitization

Digitization of objective-prism plates makes automated and quantitative selection possible



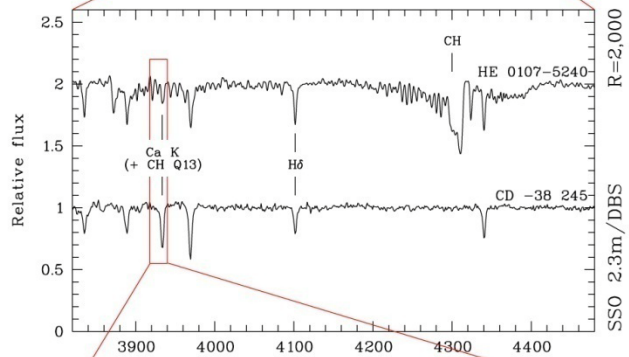
The Hamburg Observatory  
PDS plate scanner

# The main observational steps

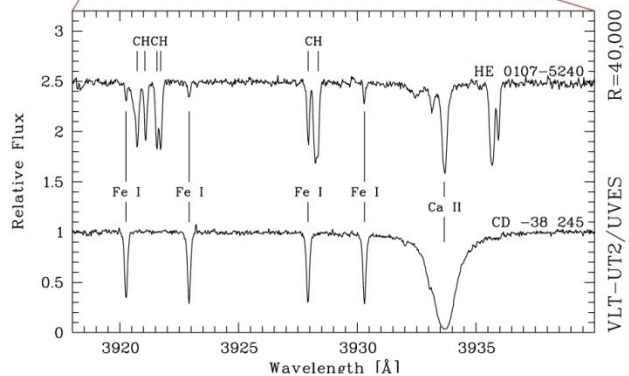


## 1. Candidate selection

Quantitative criteria based on Ca K line strength,  $B-V$  and  $J-K$  colours

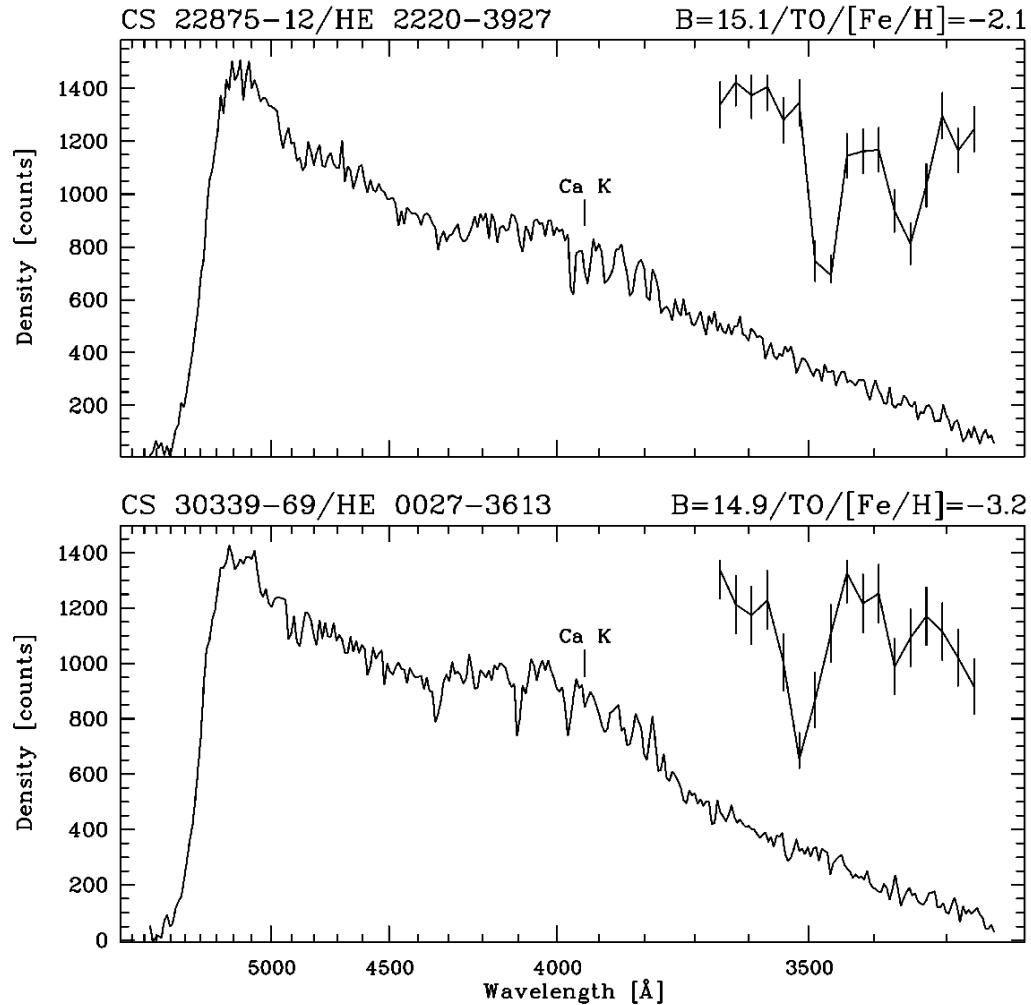


## 2. Confirmation of candidates with moderate-resolution spectroscopy (i.e., $R \sim 2000$ )

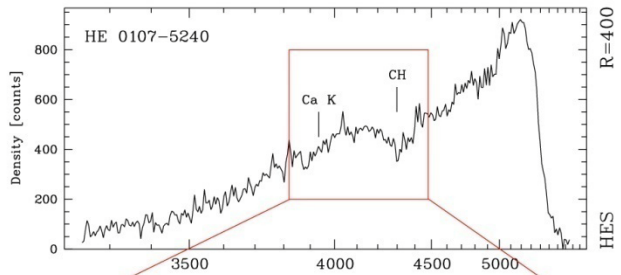


## 3. High-resolution spectroscopy (i.e., $R > 40,000$ ) for determination of abundances of elements

# Selection of candidate metal-poor stars

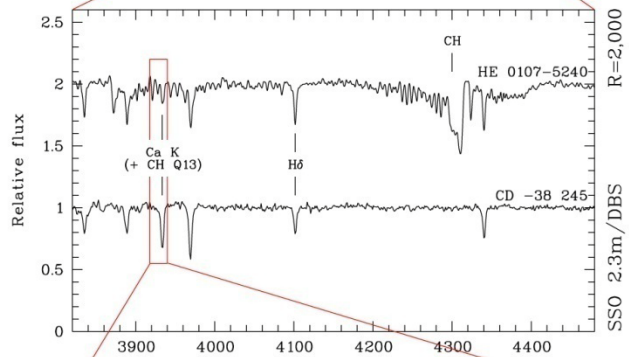


# The main observational steps

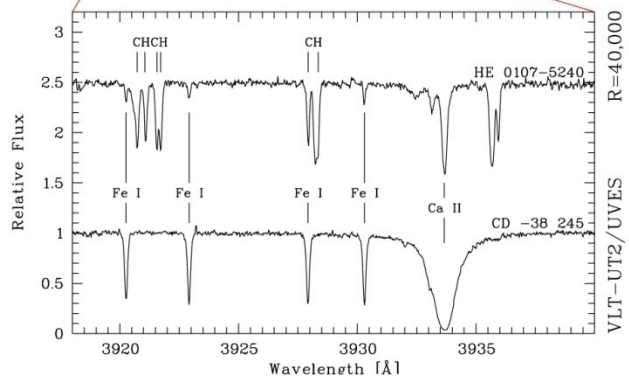


## 1. Candidate selection

Quantitative criteria based on Ca K line strength,  $B-V$  and  $J-K$  colours

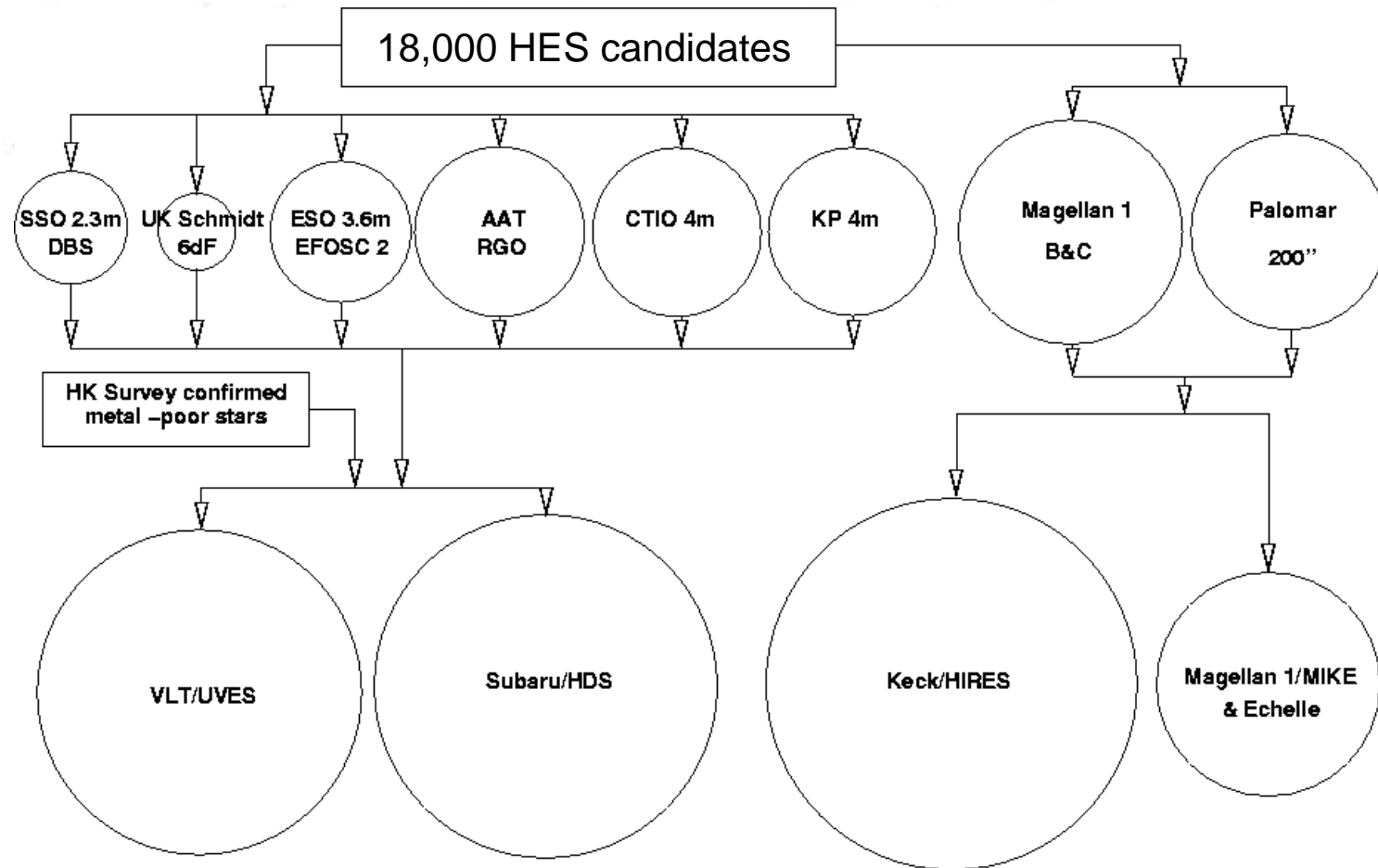


## 2. Confirmation of candidates with moderate-resolution spectroscopy (i.e., $R = 2000$ )

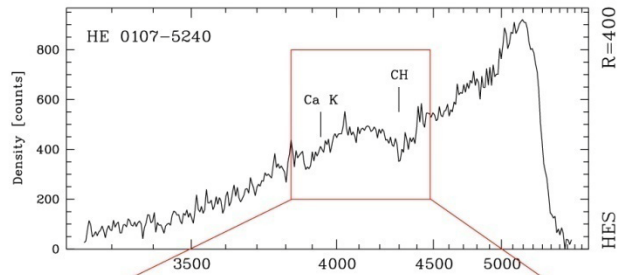


## 3. High-resolution spectroscopy (i.e., $R > 40,000$ ) for determination of abundances of elements

# HES metal-poor star flow chart

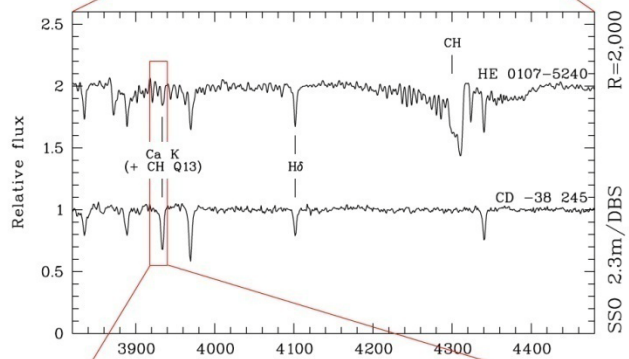


# The main observational steps

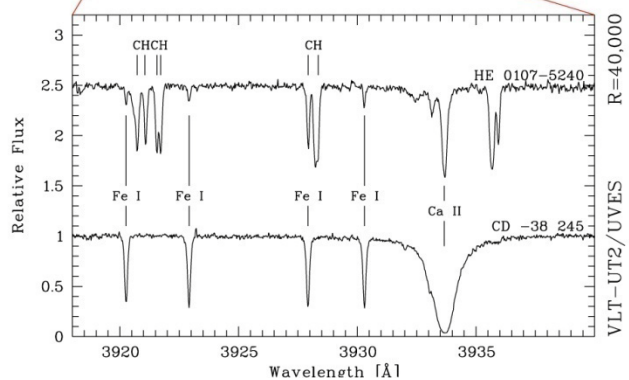


## 1. Candidate selection

Quantitative criteria based on Ca K line strength,  $B-V$  and  $J-K$  colours



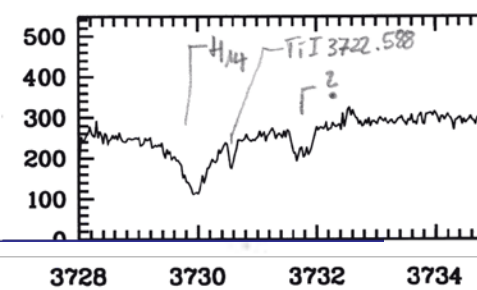
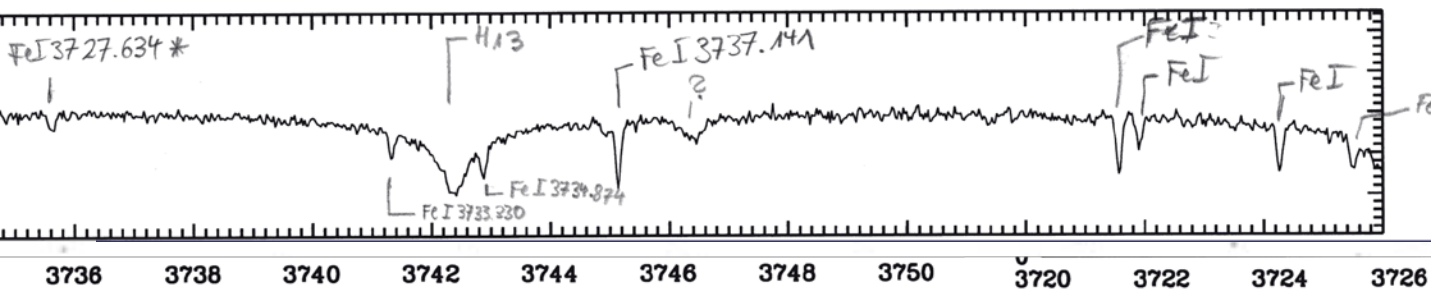
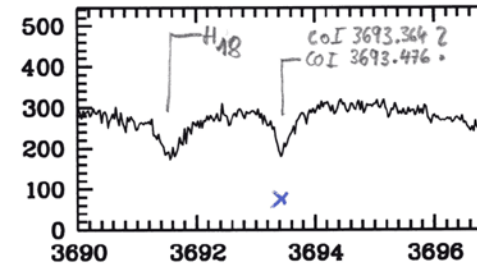
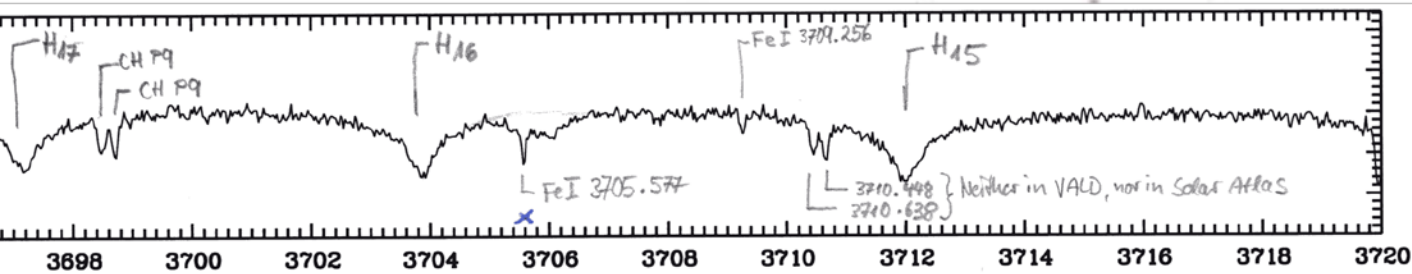
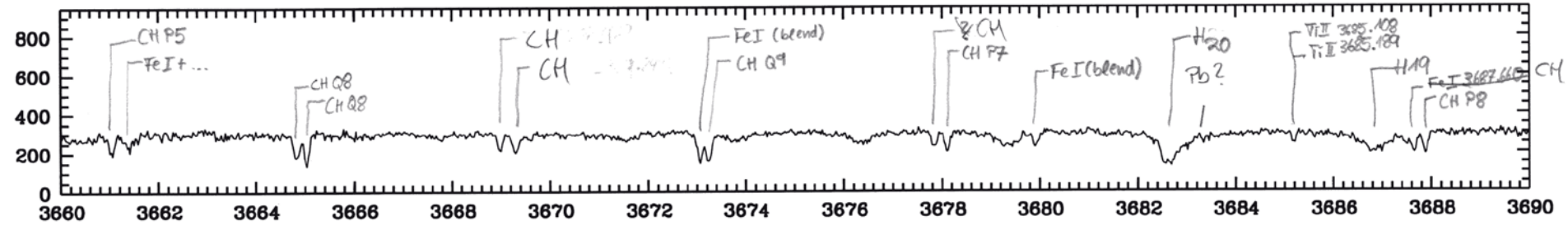
## 2. Confirmation of candidates with moderate-resolution spectroscopy (i.e., $R = 2000$ )



## 3. High-resolution spectroscopy (i.e., $R > 40,000$ ) for determination of abundances of elements



# High-resolution spectroscopy



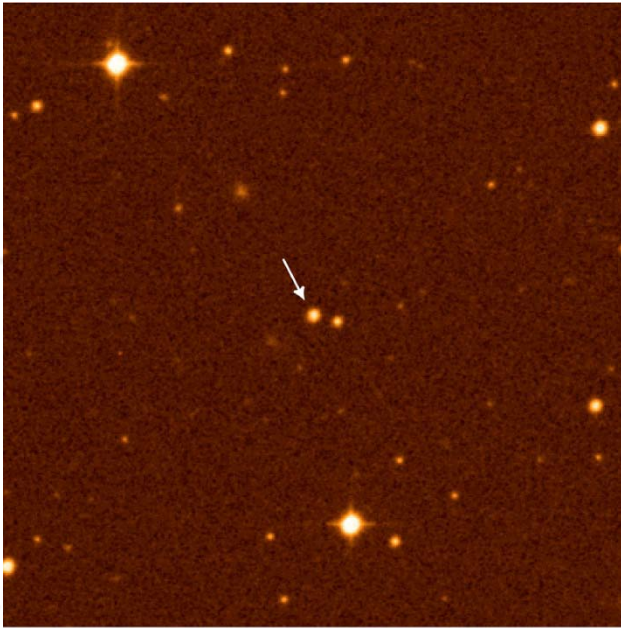
# Some external collaborators

---

Johannes Andersen (Copenhagen, Denmark)  
Wako Aoki (NAOJ, Japan)  
Martin Asplund (ANU, Australia)  
Tim Beers (Michigan State Univ., USA)  
Mike Bessell (ANU, Australia)  
Judy Cohen (Caltech, USA)  
Anna Frebel (ANU, Australia --> Univ. Austin, Texas)  
Ana Elia Garcia Perez (Univ. Hertfordshire, UK)  
Vanessa Hill (Obs. de Paris, France)  
Jennifer Johnson (Ohio State, USA)  
Sara Lucatello (Padova, Italy)  
Thomas Masseron (Ohio State, USA)  
Andy McWilliam (Carnegie Observatories, USA)  
Birgitta Nordström (Copenhagen, Denmark)  
John Norris (ANU, Australia)  
Bertrand Plez (Univ. Montpellier, France)  
Francesca Primas (ESO, Germany)  
Sean Ryan (Univ. Hertfordshire, UK)  
Silvia Rossi (Sao Paulo, Brazil)  
Steve Sackett (Carnegie Observatories, USA)  
Ian Thompson (Carnegie Observatories, USA)  
Sophie Van Eck (Brussels, Belgium)



HE 0107-5240  
[Fe/H] = -5.3



The Very Metal-Deficient Star HE 0107-5240

ESO PR Photo 25a/02 (30 October 2002)

© European Southern Observatory



Christlieb et al. (2002), Nature 419, 904  
Christlieb et al. (2004), ApJ 603, 708  
Bessell et al. (2004), ApJ 612, L61  
Christlieb et al. (2008), in preparation

# The most heavy-element deficient stars known

HE 1327-2326  
[Fe/H] = -5.4

Frebel et al. (2005), Nature 434, 871  
Frebel et al. (2006), ApJ 638, L17  
Aoki et al. (2006), ApJ 639, 897



DSS Image (R,G,B)

# SCIENCE NEWS

THE WEEKLY NEWSMAGAZINE OF SCIENCE

NOVEMBER 2, 2002 PAGES 273-288 VOL. 162, NO. 18

ancient inland ocean  
herbicide alters frog sex organs  
a star from the beginning?  
new painkiller headache

www.sciencenews.org

## Iron-Poor Star

### Closing in on the birth of the first stars

For decades, astronomers have been searching for stars born soon after the Big Bang, around the time the Milky Way began forming. Researchers now report that they've found one of these ancient stars.

According to a widely accepted theory, the Big Bang forged nearly all of the hydrogen and helium in the universe but only trace amounts of a few other heavier elements. In time, as star formation

## Gammal stjärna extremt lätt

Astronomer i Uppsala har hittat en av universums äldsta stjärnor. Den kan ge unik information om tillståndet strax efter Big Bang.

- Kemiskt sett är det här det närmaste vi har kommit Big Bang, säger Bengt Gustafsson, som är professor i astrofysik vid Uppsala universitet.

Han är en av författarna till rapporten om den äldsta stjärnan, som publiceras i dagens nummer av tidskriften Nature. Huvudarbetet har gjorts av den tyske astronomen Norbert Christlieb, som vid tiden för upptäckten var gästforskare i Uppsala.

Astronomer mäter stjärnans ålder genom att studera dess innehåll. Ju tyngre grundämnen den innehåller, desto yngre är den. Det betyder på ett brett sätt

## Rätselhafta Sterne

### Boten aus der Frühzeit des Kosmos arm an Metallen

Als das Universum mit einem Urknall entstand, haben sich nur Wasserstoff und Helium sowie Spuren von Lithium gebildet. Alle schwereren Elemente, von den Astronomen insgesamt als Metalle bezeichnet, wurden erst später durch die Fusion in den

zufolge durfte es so „leichtgewichtige“ tallarme Sterne in der Anfangszeit des Universums gar nicht gegeben haben. Jüngere Studien lassen vermuten, daß sich aus interstellarem Material, das keine Metalle enthält, vornehmlich mindestens zweihundert-

## Arm an Eisen

### Alter Stern stützt kosmologische Theorie

Der Urknall hat fast ausschließlich Wasserstoff und Helium hervorgebracht, aber keinen Kohlenstoff und kein Eisen. Diese schweren Elemente mussten die ersten Sterne einer Grundthese der Kosmologie zufolge quasi erbrüten und nach ihrem Tod als Explosionsreste einer Supernova ins Weltall hinausblasen. Allerdings hatte diese These bislang einen Makel: Nirgendwo im All konnten Astronomen einen Stern jener ersten Generation finden, der keine schweren Elemente enthält. Diesem Ziel sehr nahe gekommen ist jetzt ein Team um Norbert Christlieb von der Hamburger Sternwarte und Mike Bessel vom Mount-Stromlo-Observatorium in Australien. Die Forscher haben einen schwachen Stern entdeckt, der nicht einmal ein Hunderttausendstel des Eisens enthält, das in der Sonne steckt (Nature, Bd. 419, S. 904, 2002). Mit einem geschätzten Alter von zwölf Milliarden Jahren gehört er zudem zu den Greisen der Milchstraße. Bislang hatten Theoretiker vermutet, dass im frühen Universum fast ausschließlich sehr massereiche Sterne entstanden sind; sie wären nämlich bis heute längst erloschen. Der jetzt entdeckte Himmelskörper besitzt aber etwas weniger Masse als die Sonne. Damit wächst die Chance, auch noch Sterne der allerersten Generation zu finden. TB

SÜDDEUTSCHE ZEITUNG, 5.11.2002

252 1/4  
**NewScientist**  
The global science and technology weekly | 28 June 2003  
**THE BEST JOBS IN SCIENCE**

## A VIEW THROUGH TIME

Our first glimpse of the earliest stars



FAZ, 30.4.03

Ve  
Re  
ka  
08

- 2. 7. 03

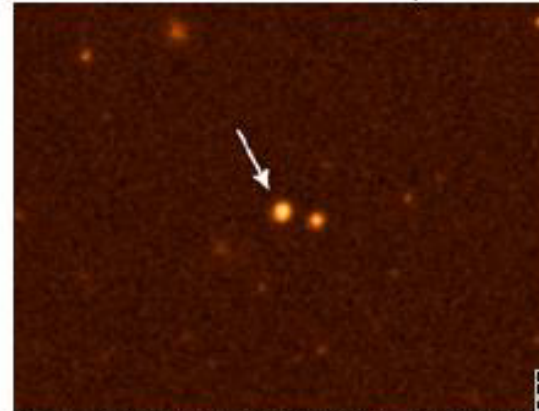
# GUINNESS WORLD RECORDS RECORDS



# מדענים גילו כוכב שנוצר ביקום המוקדם \* אישוש לתאורית היווצרות הכוכבים

3.11.2002

מאת: הידען



הכוכב ללא ברזל HE 0107-5240 במרכז התמונה

קישור ישיר לדף זה: <http://www.hayadan.org.il/lowmetalstar.html>

קבוצת מדענים גילתה כוכב מרוחק שיתכן כי נוצר בתקופה בה היקום היה צעיר. הכוכב הענק HE 0107-5240 הוא כוכב מדגם דיר. זאת מכיוון שהוא אינו מכיל כלל מתכות, לעומת כוכבים מודרניים יותר. כך פורסם ביום חמישי האחרון בכתב העת נייצ'ר.

כוכבים ותיקים אלה מספקים רמזים חיוניים להסטוריה של היווצרות הכוכבים ועל ההרכב הכימי של היסודות ביקום המוקדם. "אומרים החוקרים משבדיה, גרמניה, אוסטרליה, ארה"ב וברזיל. אם ניתן למצוא כוכבים נטולי מתכות, הדבר יאפשר מחקר ישיר של הגז המקורי מהמפץ הגדול." הם מוסיפים. קיומו של כוכב נטול מתכות לחלוטין או הכולל מעט מאוד מתכות נחזה בתאוריה כבר לפני עשרות שנים אך עד כה טרם נמצא אחד כזה – והדבר גרם לספקות באשר לתאורית היווצרות הכוכבים.

לפי התאוריה, בשחר הזמן, הכילו כוכבים אלה את מרבית היסודות ביקום, ואולם די מוקדם בהסטוריה, החלו הכורים שבלב הכוכבים לצרוף את היסודות הקלים ליסודות כבדים יותר כמו פחמן, זרחן ועופרת ולבסוף – מתכות.

לפי התאוריה יש עדיין מספר רב של כוכבים כאלה ביקום אך עד גילויין של HE 0107-5240 לא נמצאו כאלה. "זו עדות לכך שהדור הראשון של הכוכבים כלל גם כוכבים מאריכי חיים." כתבו המדענים. לדבריהם, הכשלונות הקודמים לאיתור כוכבים כאלה נבעו בשל כשל תצפיתי.



## Παλιά αστέρια φωτίζουν τη δημιουργία των στοιχείων στο Σύμπαν

Από σελίδα του PhysicsWeb, 31 Οκτωβρίου 2002

Τα αστέρια στις πρώτες στιγμές του Κόσμου οφείλουν να περιέχουν μικρές μόνο ποσότητες στοιχείων βαρύτερων από το ήλιο, αλλά άφθονο υδρογόνο και ήλιο. Εντούτοις, πιο παλιά, οι αστρονόμοι δεν μπορούσαν να βρουν αστέρια που να περιέχουν μέταλλα λιγότερο από το 1/10.000 της ποσότητας που έχει ο ήλιος μας. Στα αρχαία όμως αστέρια, που υπήρχαν στο νεογέννητο Γαλαξία μας, αναμενόταν μια ποσότητα μετάλλων πολύ μικρότερη από αυτή. Τώρα όμως ο [Norbert Christlieb](#) και οι συνάδελφοί του στο Πανεπιστήμιο του Αμβούργου έχουν βρει ένα απόμακρο και πολύ παλιό αστέρι, που περιέχει μόνο το 1/200.000 της ποσότητας των μετάλλων που έχει ο ήλιος μας, δηλαδή είναι πολύ φτωχό σε μέταλλα ([Nature N. Christlieb και λοιποί 2002 419 904](#)).

Αυτό το αστέρι, το [HE0107-5240](#), το οποίο είναι το αρχαιότερο που έχει ανακαλυφθεί ποτέ στο Γαλαξία μας, η ηλικία του είναι περίπου 14 δισεκατομμυρίων ετών, η ηλικία του δηλαδή συγκρίνεται με την ηλικία του Σύμπαντος.

Το νεοευρεθέν γιγαντιαίο αστέρι είναι σπάνιο επειδή αντίθετα από τα νεώτερα αστέρια είναι ουσιαστικά πολύ φτωχό σε μέταλλα. Είναι από την πρώτη γενιά των αστεριών, που έγιναν από τα απλά στοιχεία που δημιουργήθηκαν στο Big Bang.

Γράφοντας στο περιοδικό Nature οι ερευνητές λένε, "Αυτά τα παλαιά αστέρια θα μας δώσουν κρίσιμα στοιχεία για την ιστορία του σχηματισμού των αστεριών και τη σύνθεση των χημικών στοιχείων στο αρχικό Σύμπαν. Και προσθέτουν: "Εάν θα μπορούσαν να βρεθούν αρκετά αστέρια χωρίς μέταλλα, αυτό θα επέτρεπε την άμεση μελέτη του αρχέγονου αερίου από τη Μεγάλη Έκρηξη".

Μετά από το Big Bang, το Σύμπαν αποτελέστηκε από τα συνήθη αέρια υδρογόνα, λίγο ήλιο και λίγο λίθιο, έτσι τα πρώτα αστέρια που σχηματίστηκαν περιείχαν μόνο αυτά τα στοιχεία.

Η πρώτη γενιά των αστεριών μετέτρεψε αυτά τα ελαφρύτερα στοιχεία σε βαρύτερα όπως τον άνθρακα, τον φώσφορο, το σίδηρο και το μόλυβδο (που τα γνωρίζουμε ως μέταλλα).

Όταν εκείνα τα πρώτα αστέρια όταν εξερράγησαν (supernova) "μόλυναν" τον Κόσμο με αυτά τα βαρύτερα στοιχεία, τα οποία αργότερα συμμετείχαν στην παραγωγή των πιο πρόσφατων αστεριών - όπως συμβαίνει με τον ήλιο μας.

Η ύπαρξη των αστεριών με μηδενικό ή πολύ χαμηλό περιεχόμενο μετάλλων έχει προβλεφθεί για δεκαετίες, αλλά δεν είχε βρεθεί ποτέ κανένα, οδηγώντας μερικούς να υποψιαστούν δεν υπήρξαν ποτέ - μέχρι την ανακάλυψη αυτού του παλαιότερου άστρου.

Το άστρο που ερευνήθηκε όμως από τον [Christlieb](#) και τους συναδέλφους του, που ονομάζεται [HE0107-5240](#), είναι μέρος του φωτοστεφάνου ή άλως του Γαλαξία μας. Προσδιορίστηκε ως αστέρι πιθανά φτωχό σε μέταλλα από μια φασματοσκοπική έρευνα, που πραγματοποιήθηκε στον ουρανό του Νότιου Ημισφαιρίου (Το άστρο βρίσκεται στην κατεύθυνση του Νότιου αστερισμού Phoenix, σε μια απόσταση περίπου 36.000 έτη φωτός).

Προέκυψε δε από μια συνεργασία μεταξύ του Πανεπιστημίου του Αμβούργου και του Ευρωπαϊκού Νότιου Παρατηρητηρίου (ESO). Αυτή η έρευνα είναι πιο ευαίσθητη και μερικές δεκάδες φορές μεγαλύτερη από τις πιο πρόσφατες έρευνες.





## 缺少金属的恒星

新 一 度缺乏金属的恒星,它是“恒星考古学” 的最古老“化石 迹”

November 5, 2002

\* OURSCI NEWS STAFF -- Blair Craft

北京 天文学家在 河系 了一 金属元素含量 少的恒星,它是早期 河系的“化石 迹”,通它可以更好地了解恒星的形成机制<sup>1</sup>。

根据 代天文学理 ,除了大爆炸 生的、和少量的 ,宇宙中其它 重的元素都是在恒星的核聚中形成的。科学家将 些重元素通称 金属元素(尽管其中的 、 等并不是普通意 上的金属)。第一代大量恒星很快地燃尽,在生命 生超新星爆 ,向宇宙中抛出大量重元素。新一代恒星从超新星的残骸中 生 ,就会“ ”到一些 的金属元素。



河: 缺少金属的恒星是它的化石迹 © NASA

因此,如果一 恒星里的金属元素非常少,就表明它 生 没有多少第一代恒星死去、可供捕 的重元素不多,它本身必定非常古老。越是缺少金属的恒星,就越古老。恒星 量越小,寿命就越 ,科学家一直希望找到 缺少金属元素的古老小恒星, 恒星就像是早期 河系留下的“活化石”。

新 的 恒星是南天中的 凰星座方向上的一个暗淡光点, 号 HE0107-5240,距地球大 36,000光年。其中的 元素度 太 的1/200,000。据 研究的德国 堡大学的Norbert Christlieb , 一 可以使人 行“恒星考古”。曾 孕育 恒星的气体云 保存得非常完好。 片气体云可能代表着大爆炸后 10 年 的情景,当 重元素才 始形成。

本文相 信息:

收 :2002.11.05

作者:Blair Craft

:碧声

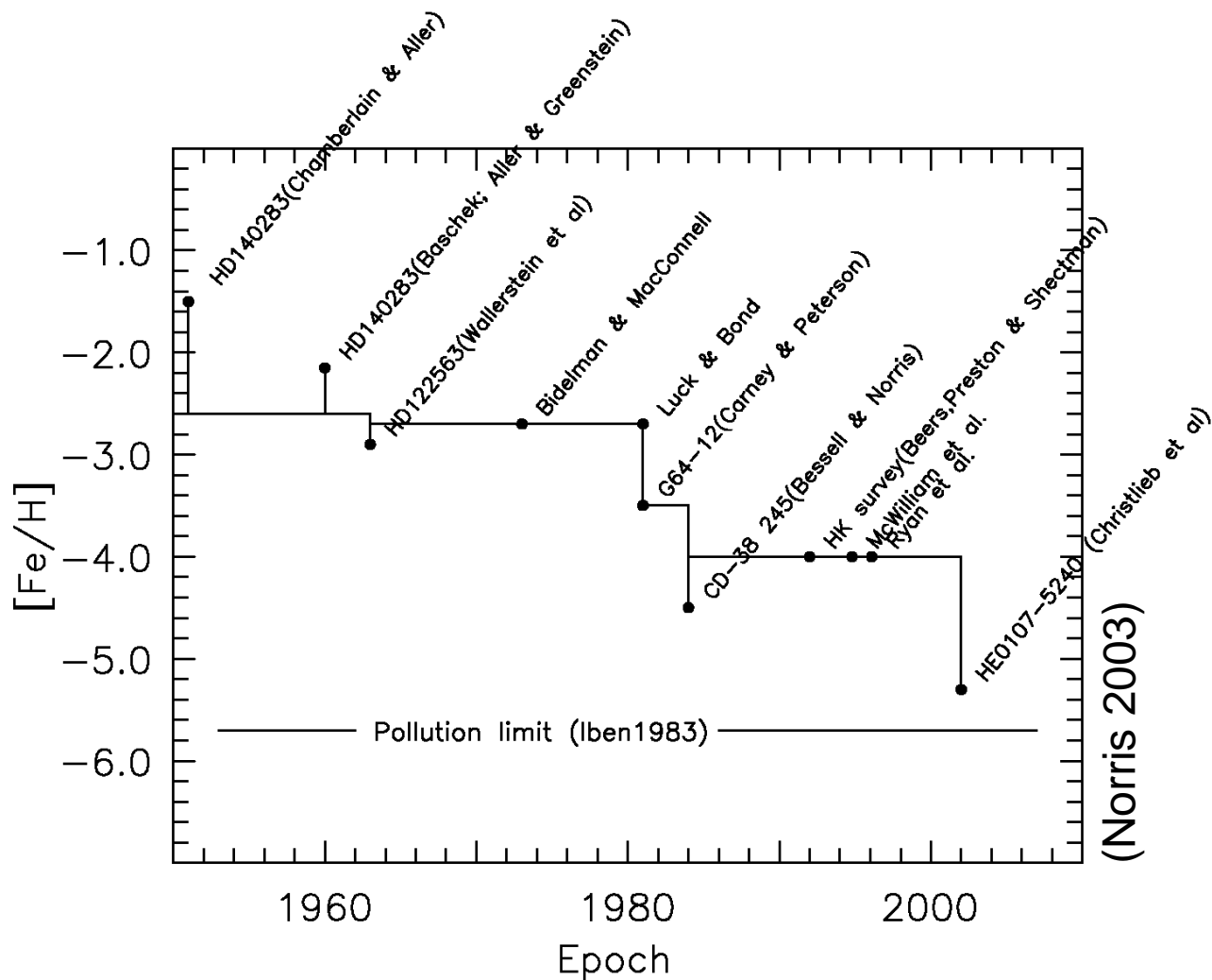
来源:三思

其它相 :

相 网站:

[Nature](#)

# History of the discovery of metal-poor stars



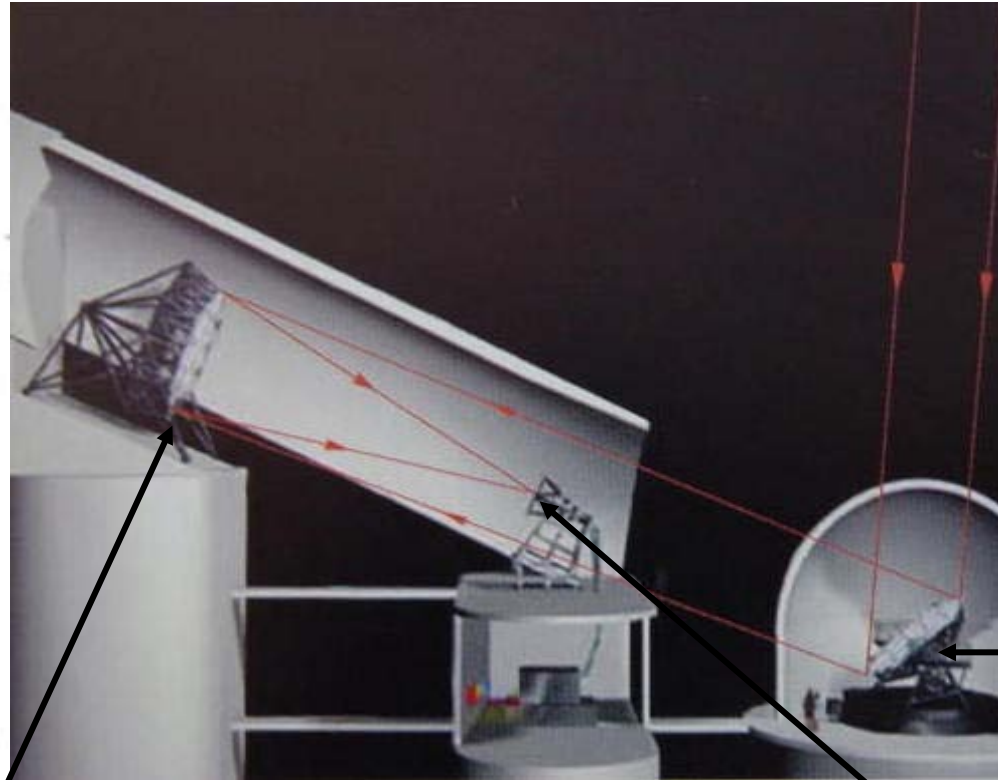
# LAMOST at Xinglong Station

28 June 2007

- Clear Aperture: 4m
- 5° diameter field of view
- 4,000 fibers
- 16 fiber-fed two-arm spectrographs for low- to medium-resolution



# LAMOST optical design



$M_B$   
Spherical  
Primary  
Mirror

It's a meridian reflecting  
Schmidt telescope, laid down on  
the ground with its optical axis  
fixed in the meridian plane

$M_A$   
Reflecting  
Schmidt  
Corrector  
Focal  
Plane

# Instrument configurations

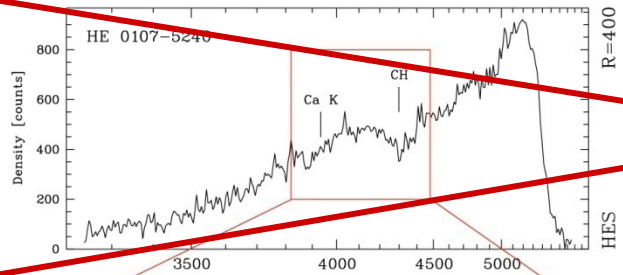
## Low-resolution mode

	Blue Arm		Red Arm	
	R	Wave. range (nm)	R	Wave. range (nm)
Full slit	1000	370-590	1000	570-900
1/2 slit	2000	370-590	2000	570-900

## Medium-resolution mode

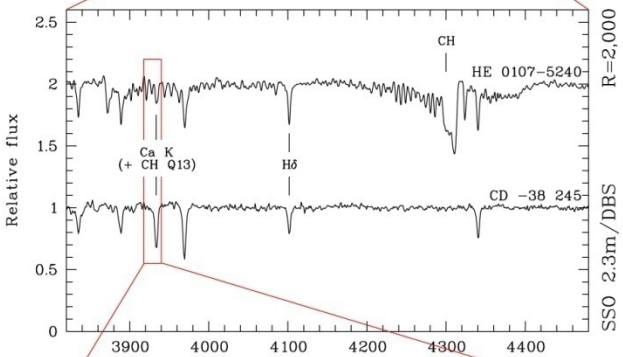
	Blue Arm		Red Arm	
	R	Wave. range (nm)	R	Wave. range (nm)
Full slit	5000	510-550	5000	830-890
1/2 slit	10000	510-550	10000	830-890

# The main observational steps

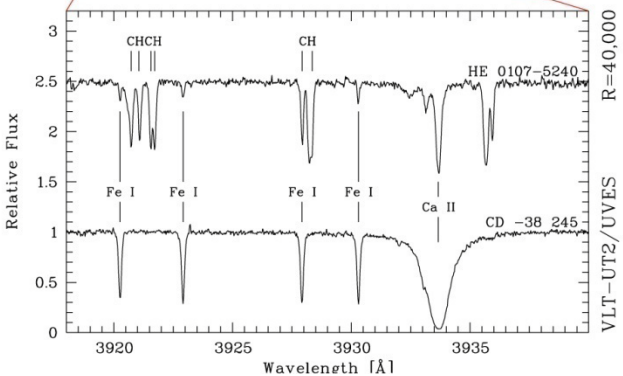


## 1. Candidate selection

Quantitative criteria based on Ca K line strength,  $B-V$  and  $J-K$  colours

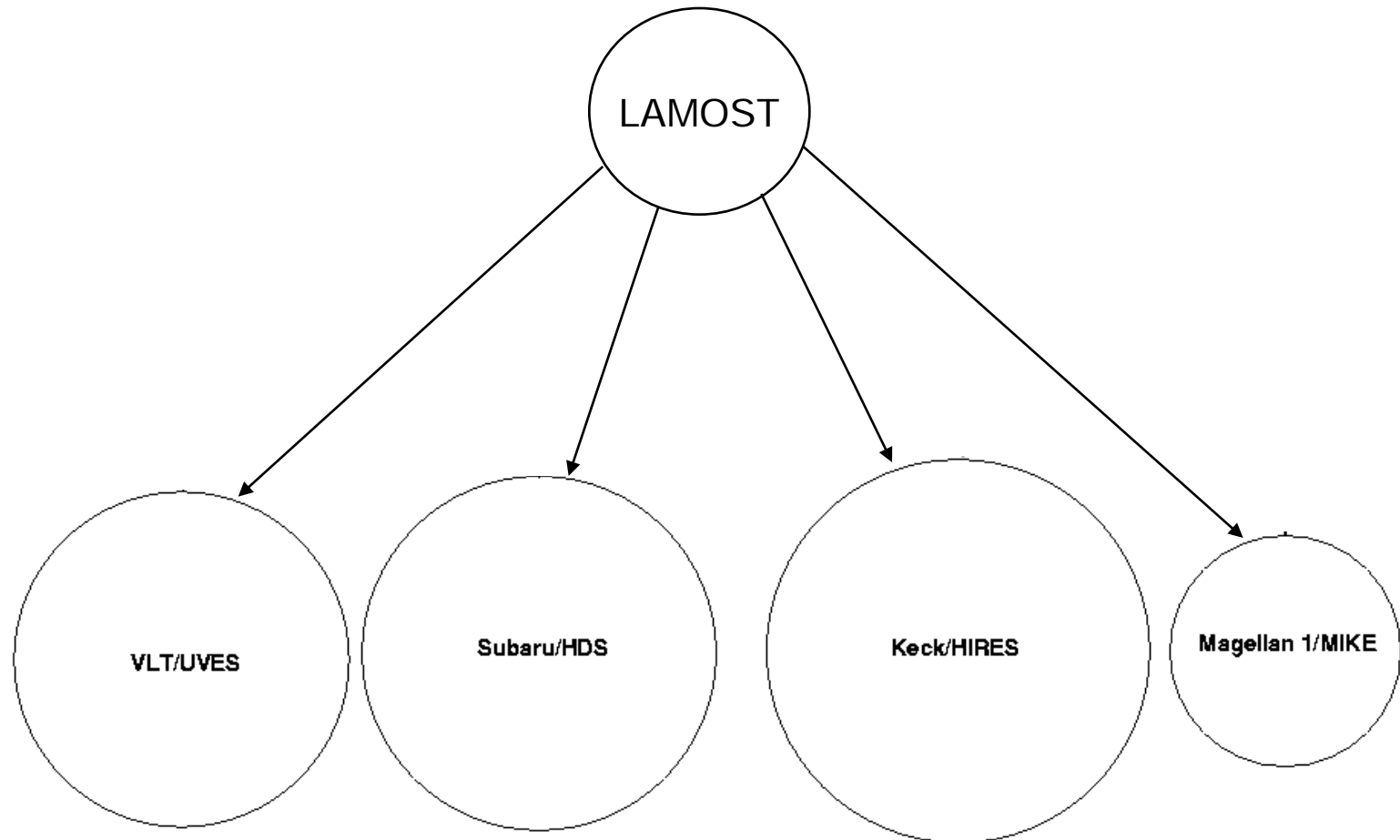


## 2. Confirmation of candidates with moderate-resolution spectroscopy (i.e., $R \sim 2000$ )



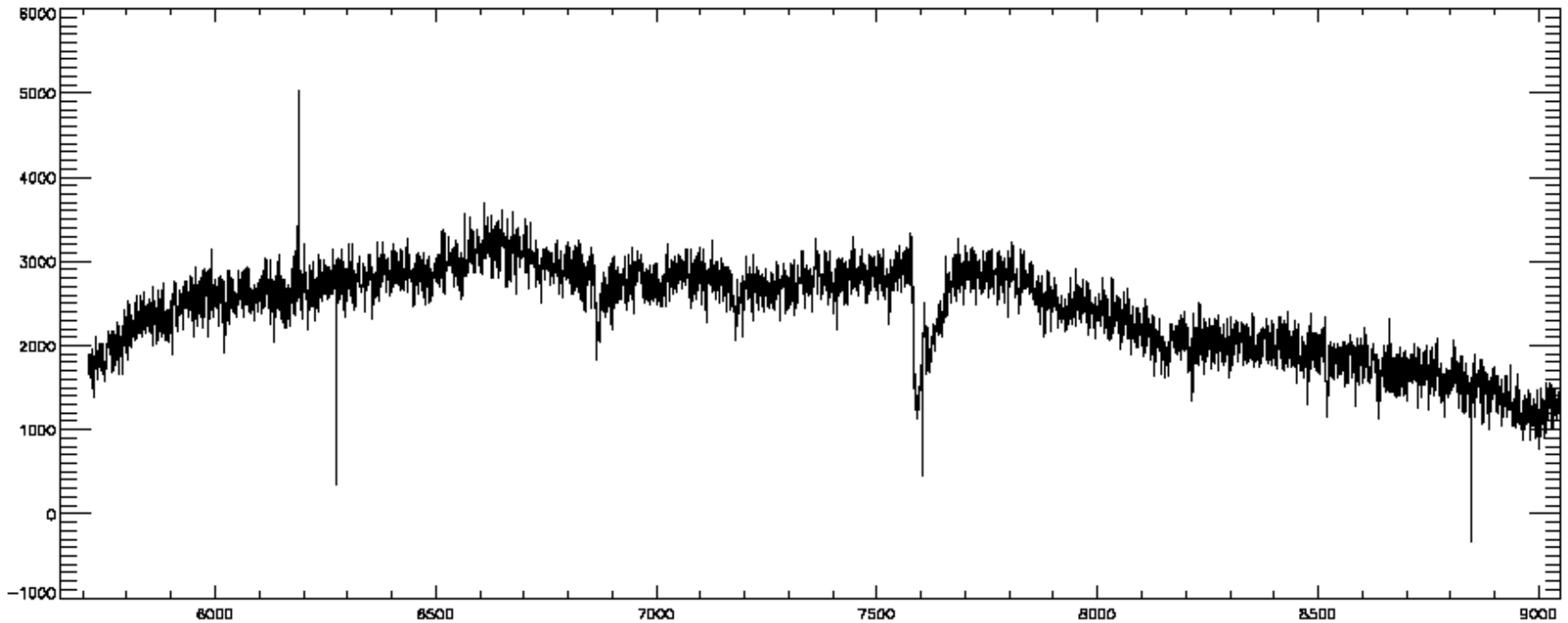
## 3. High-resolution spectroscopy (i.e., $R > 40,000$ ) for determination of abundances of elements

# The LAMOST survey for metal-poor stars



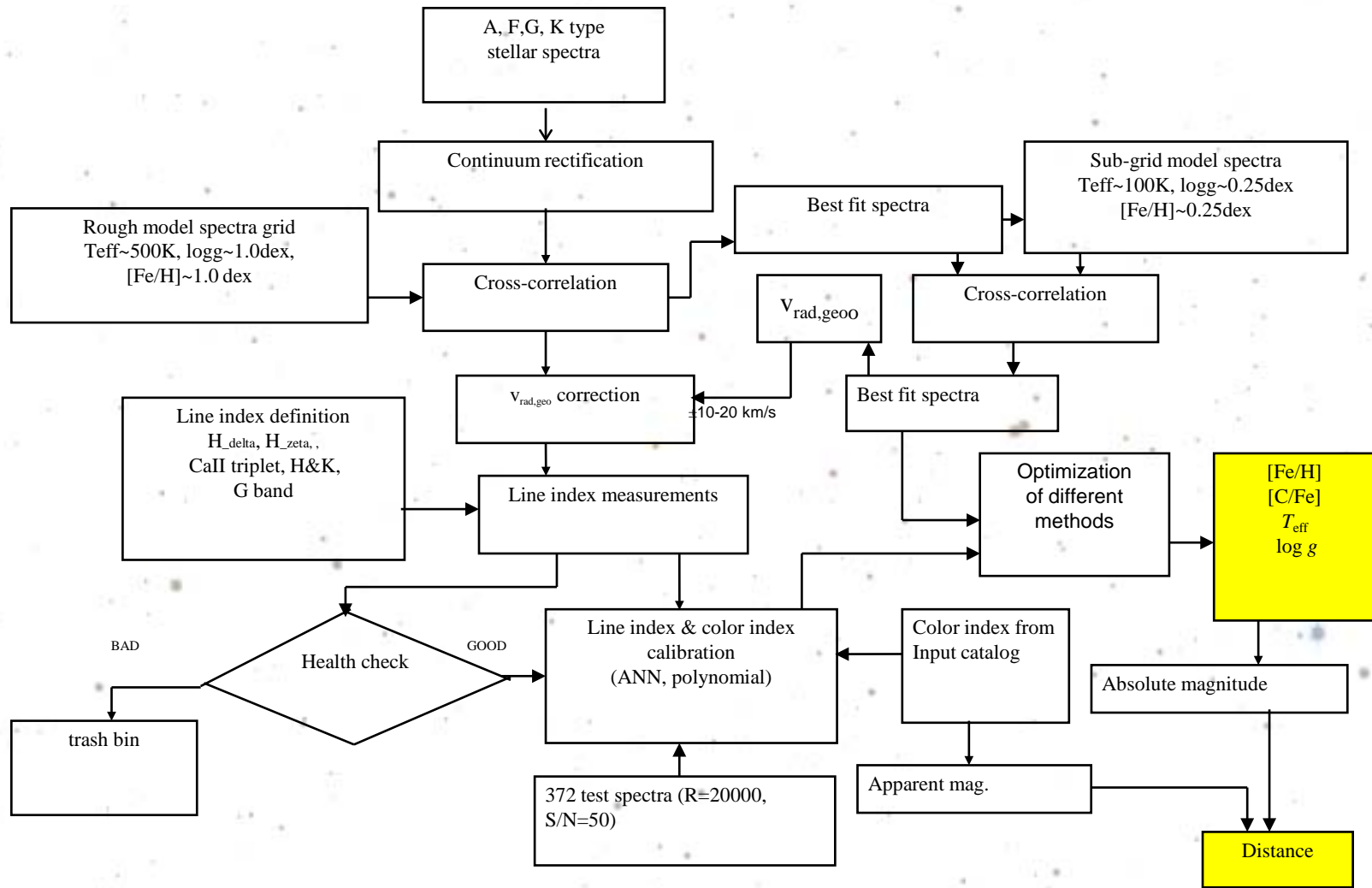
# First Light: 29 May 2007

---





# Automated LAMOST Data Analysis Pipeline



# Links to China

- Sino-German Cooperations Group on metal-poor stars funded by Sino-German Center for Research Promotion since December 2005
- P.I.'s: Gang Zhao (NAOC, Beijing) and N.C.
- Exchange program, Workshops, Summer School



*Sino-German Summer School  
on Cool Stars as Tools for Studying the Early Universe*

*Weihai, Shandong Province*

*14-22 July 2008*

**Topics and lecturers:**

- High-resolution spectroscopy and Echelle data reduction (N. Piskunov/Uppsala)
- Stellar model atmospheres (A. Schweitzer/Hamburg)
- Stellar parameter determination (A. Korn/Uppsala)
- Abundance analysis techniques (T. Gehren/Munich)
- Stellar structure and evolution (U. Heiter/Uppsala)
- Nucleosynthesis processes (T. Rauscher/Basel)
- Galaxy formation (M. Steinmetz/Potsdam)
- Models of galactic chemical evolution (C. Chiappini/Geneva)

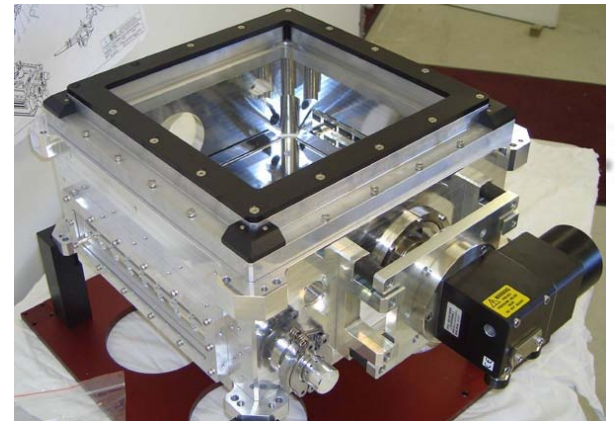
Applications of **advanced undergraduates** and **starting PhD students** affiliated with a German astronomical institute are invited. More information, and application forms, at

**[www.lsw.uni-heidelberg.de/weihai08](http://www.lsw.uni-heidelberg.de/weihai08)**

**Es sind noch einige Restplätze verfügbar!  
Bewerbungen werden bis Sonntag, 1.6.2008  
um 23:59 angenommen.**



# Southern Sky Survey

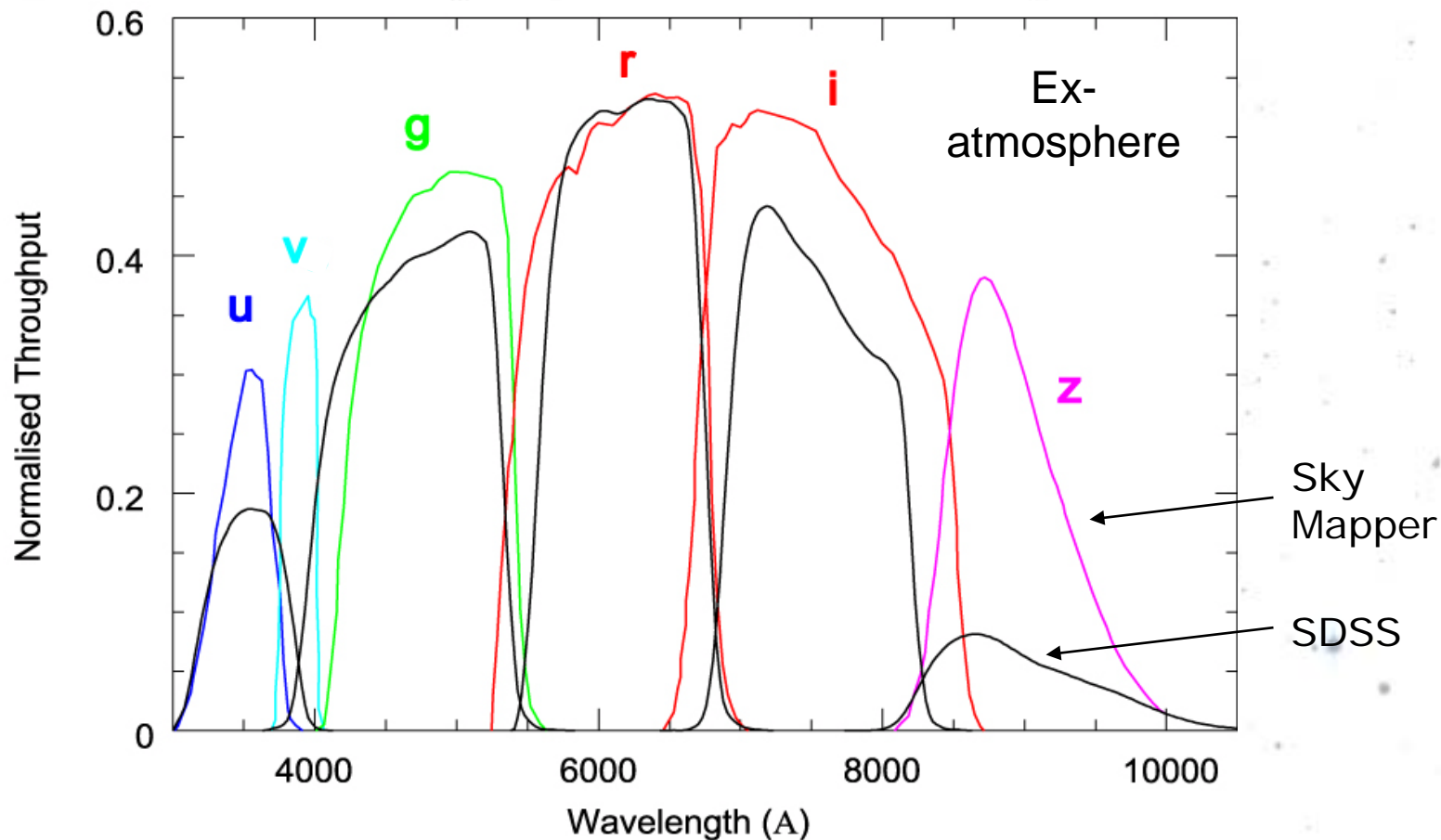




# Southern Sky Survey

- Fully automated 1.35m telescope at Siding Spring Observatory.
- Camera will have 32 CCDs of 4k x 2k each, 0.5" pixels. Sky coverage in single shot will hence be  $2.4^\circ \times 2.4^\circ$ .
- First light late 2008; camera already had first light in the lab.
- Multi-colour (*ugriz* + intermediate-band *v*), multi-epoch survey.
- Will provide accurate, uniformly standardized photometry between 8 and 23 mag for the whole southern hemisphere.
- Web page: [www.mso.anu.edu.au/skymapper/](http://www.mso.anu.edu.au/skymapper/)
- Paper: Keller, Schmidt, Bessell et al. (2007, PASP 24, 1)

# SkyMapper Filter Set



Bessell (2006, priv. comm); see also Keller et al. (2007, PASP 24, 1)

# EMP and HMP stars expected to be found

Survey	Effective sky coverage	Effective mag limit	$N < -3.0$	$N < -5.0$
HES	6400 deg <sup>2</sup>	$B < 16.5$	200	2
SEGUE	1000 deg <sup>2</sup>	$B < 19$	1000	10
LAMOST	10,000 deg <sup>2</sup>	$B < 19$	10,000	100
SSS	20,000 deg <sup>2</sup>	$B < 18$	5000	50

20?  
130?

- **Estimates are accurate only to within a factor of ~2!**
- Number of stars to be found in SEGUE will mainly be limited by number of fibers allocated for follow-up. Only about 10% of all candidates down to  $B = 19$  can be observed.
- SSS follow-up will be done with SSO 2.3m + WiFes, hence faintest stars can not be observed (now).

# Diplomarbeitsthemen

---

- Selektion von Kandidaten für metallarme *outer halo*-Sterne im HES unter Zuhilfenahme kinematischer Informationen; eventuell eigene Nachbeobachtungen in Chile oder Australien.
- Homogene Analyse der ca. 10 000 follow-up Spektren von Kandidaten für metallarme Sterne aus dem HES; eventuell eigene Nachbeobachtungen in Chile oder Australien.
- Entwicklung von Methoden automatischer Spektralklassifikation von LAMOST-Spektren.
- Entwicklung von Methoden zur automatischen Bestimmung von stellaren Parametern, basierend auf LAMOST-Spektren und SDSS-Photometrie.
- Entwicklung von Methoden zur automatischen Elementhäufigkeitsanalyse von SDSS-Spektren.



# Ehemalige Studenten

---

- Dipl.-Phys. **Wolfgang Hayek**, Diplomarbeit, 2006: *A chemical abundance analysis of the r-process enhanced star HE 1219-0312*; jetzt Doktorand an der Australian National University (ANU).
- Dipl.-Phys. **Ulfert Wiesendahl**, Diplomarbeit, 2006: *An abundance analysis of the metal-poor and r-process enhanced star CS29491-069*; jetzt Doktorand an der Hamburger Sternwarte.
- Dr. **Christopher Thom**, PhD, Swinburne University of Technology, 2006: *High Velocity Clouds and the Milky Way Halo*; jetzt Postdoc an der University of Chicago.
- Dr. **Anna Frebel**, PhD, Australian National University, 2006: *Bright Metal-Poor Halo Stars from the Hamburg/ESO Survey*; jetzt W.J. McDonald Fellow, University of Texas at Austin; ab Herbst 2008 Clay Fellow an der Harvard University.
- Dipl.-Phys. **Torben Schörck**, Diplomarbeit, 2007: *The Metallicity Distribution Function of the Galactic Halo*; jetzt Forschungsgruppenleiter in der Industrie.

# Kontakt

---

E-Mail: `N.Christlieb@lsw.uni-heidelberg.de`  
Telefon: `06221-54-1705`  
Homepage: `www.lsw.uni-heidelberg.de/users/christlieb`