

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

März 1977

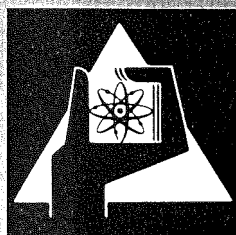
KFK 2386/II

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
Projekt Schneller Brüter

**Evaluations for the German Nuclear Data Library
KEDAK-3**

Part 1: Non-fissile Materials

compiled by B. Goel
with contributions from
C. Broeders, B. Goel, R. Meyer, F. Weller



**GESELLSCHAFT
FÜR
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 2386/II

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
Projekt Schneller Brüter

Evaluations for the German Nuclear Data Library KEDAK-3

Part 1: Non-fissile Materials

compiled by

B. Goel

with contributions from

C. Broeders, B. Goel, R. Meyer⁺ and F. Weller⁺⁺

⁺Present address: Software AG, Darmstadt

⁺⁺Present address: Fachhochschule, Köln

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Abstract

This report deals with evaluations for the KEDAK-3 library performed between 1970 and 1976. In particular the data changes for the materials H, d, ^{12}C , ^{16}O , ^{27}Al , ^{23}Na , Mo, Cr, Fe and Ni are described.

Auswertungen für die deutsche Kerndaten-Bibliothek KEDAK-3

Teil 1: Nichtspaltbare Materialien

Zusammenfassung

In diesem Bericht sind die Auswertungen für die KEDAK-3 Bibliothek im Zeitraum von 1970 bis 1976 beschrieben. Im einzelnen sind die Datenänderungen für die Materialien H, d, ^{12}C , ^{16}O , ^{27}Al , ^{23}Na , Mo, Cr, Fe und Ni beschrieben.

CONTENTS

	page
A. Introduction	1
B. Evaluations for the data for hydrogen, deuterium, carbon, oxygen and aluminum	3
C. Evaluation of the cross sections for sodium and molybdenum in MeV region	15
D. Evaluation of the cross sections for chromium, iron and nickel in MeV region	79

A. Introduction

From 1970 to 1976 a number of new evaluations for the German Nuclear Data library KEDAK have been performed. The status of the recent version of the library (KEDAK-3) is summarised in reference /1/. The present report forms a part of an effort towards a concise documentation of KEDAK-3. This report is not intended to supersede completely previous comprehensive descriptions of the older versions of KEDAK (references /2/ and /3/), but it does supersede different publications describing the evaluations of the data for nonfissile materials for KEDAK-3 published after 1971, for example contributions to the PSB-quarterly reports etc.

A major change between KEDAK-2 and KEDAK-3 data is the shift of the upper energy limit of the data from 10 MeV to 15 MeV and the introduction of some new data types /4/. The main emphasis of the KEDAK-3 evaluation was the updating of the data for fissile materials which will be described in the second part of this report. For the nonfissile materials discussed in this report the modifications mainly concern the updating of the data to 15 MeV. For some isotopes the data below 10 MeV have also been revised.

A graphical comparison of the KEDAK-2 and KEDAK-3 data for nonfissile materials has been presented in reference /5/. In the following the evaluations underlying modifications of the data with respect to KEDAK-2 are compiled. The individual contributions of this compilation were written by different authors in the course of the last six years. The contributions are different in style and presentation. One contribution dating back to 1970 is in German language. No attempt has been made to generate uniformity in the different contributions. Some introductory remarks, however, precede the older contributions. The figures and the references are numbered separately in each of the chapters of this report.

The content of this report is divided into three chapters. The first chapter deals with the recent modification of the data for hydrogen, deuterium, carbon, oxygen and aluminium. The second chapter describes the evaluation of the cross sections for sodium and molybdenum in the MeV

energy range. It was written by Dr. R. Meyer in 1973. In the last chapter the evaluation of the data for chromium, iron and nickel in the MeV energy range is presented in german language. It is also written by Dr. R. Meyer and dates back to 1970.

The data for chromium, iron and nickel are being reevaluated presently by F. Fröhner; the corresponding report will be issued early in 1977.

REFERENCES

- /1/ B. Goel and B. Krieg
KFK 2234 - NEANDC(E) 171 "U" (1975)
- /2/ J.J. Schmidt
KFK 120 - EANDC-E-35U (1966)
- /3/ B. Hinkelmann, B. Krieg, I. Langner, J.J. Schmidt and D. Woll
KFK 1340 - EANDC(E)136 "U" (1971)
- /4/ B. Krieg
KFK 1725 (1973)
- /5/ B. Goel
KFK 2233 - NEANDC(E) 170 "U" (1975)

B. Data for Hydrogen, Deuterium, Carbon, Oxygen and Aluminium

In the following chapter the data changes with respect to KEDAK-2 (reference /1/ and /2/) for the isotopes mentioned above are described. Most of these modifications were done during 1975 the dead line being October 1975. Due to the shortage of time at our disposal an extensive evaluation of all the data could not be performed, rather a recourse was taken to the existing evaluations where ever it suited our purpose. The best available data supplemented with our own evaluation are stored on the KEDAK-3 library as given below.

Capture Cross sections for Hydrogen

The previous versions of KEDAK the $H(n,\gamma)d$ cross section was arbitrarily set equal to zero above 10 keV. The KEDAK processing codes /3/, however, require nonzero values for such cross sections throughout the energy range of KEDAK, i.e. from 0.001 eV to 15 MeV. In KEDAK the data stored for this reaction are taken from the evaluation of Horsley /4/. The direct measurement of this reaction is available only at thermal energies and at 14 MeV. At the energies in between the data for the inverse reaction $d(\gamma,n)n$ has been analysed to obtain the capture cross sections for hydrogen.

Total and Elastic Scattering cross sections for Hydrogen

At energies below 700 keV the total neutron cross section for hydrogen also originates from the evaluation of Horsley /4/. Above 700 keV the most accurate experimental data at the time of this evaluations (1972) are those of Cierjacks et al. /5/. The recommended data on KEDAK-3 are, therefore, obtained by fitting a smooth curve through the data of Cierjacks et al. Since in the case of hydrogen the only possible reaction channel is the capture channel, the scattering cross section was derived from the total and the capture cross sections. The agreement between the recommended data - derived from the experiment and the data of Hopkins and Breit /6/ obtained from the phase shift analysis is very good (Fig.1). The elastic angular distributions are stored for 19 energies between 0.05 MeV and 16 MeV. These angular distributions are taken from the phase shift analysis of Hopkins and Breit /6/.

Data for Deuterium

In the context of extending the data up to 15 MeV all the data for deuterium (H 2) above 1 keV are revised. The new data for the total, capture and (n,2n) cross sections follow the recommendation of Storey /7/ for the UKNDL. The marked difference between the presently and the previously recommended data is that the new total cross section between 2 keV and 2 MeV is lower than the previously recommended data on KEDAK. The largest difference is around 500 keV. Here the new data are about 6 % lower than the older data. The new cross section for the (n,2n) reaction is also lower than the previously recommended data on KEDAK.

Data for Carbon

The data for ^{12}C were extended to 15 MeV by Meyer /8/ in 1970. At that time evaluations were also performed for the threshold reactions (n,n'), (n,n'E), (n, α) and (n,n'3 α). The recommended data for the inelastic scattering to the 4.43 MeV level are primarily based on the 0 degree data of Hall and Bonner /9/. The data for ^{12}C (n, α) are derived from the inverse reaction ^9Be (α ,n $_0$) of Van der Zwan and Geiger /10/. The data of ref. /10/ are further supported by the work of Obst, Grandy and Weil /11/. The peak at 8.1 MeV in Fig. 2 has also been observed in the direct measurement of the reaction ^{12}C (n, α) by Davis et al. /12/.

The more recently evaluated data for carbon on KEDAK-3 are for the total and capture cross sections. The capture cross section shows an approximately 1/v dependence. Its 1/v dependence is given by

$$\sigma_c = 0.0059 \cdot E^{-0.503} \quad E \text{ in eV}$$

For the total cross section there is a recent publication from NBS /12/. Heaton et al. report a time of flight measurement of this cross section from 1 keV to 15 MeV. Below 1.4 MeV the total cross section of carbon is well reproduced with the following polynomial expression

$$\sigma_t = 4.757 + 3.419 E + 1.548 E^2 - 0.328 E^3$$

where σ_t is in barn and E in MeV.

The recommended data on KEDAK-3 below 1.4 MeV are calculated with the help of the above expression. The data above 1.4 MeV are not revised but they are compared with the NBS data in Fig. 3. Except for the resonances at 3.67 and 4.28 MeV the agreement between the two data sets is reasonably good.

Data for Oxygen

(C.H.M. Broeders, B. Goel, F. Weller)

With respect to KEDAK-2 the data modified for the isotope ^{16}O are the capture cross section, the scattering cross section, the cross section for the excitation of individual inelastic scattering levels and the cross section for the reaction (n,p), (n,d) and (n, α). The energy range for all the data has been raised to 15 MeV.

The capture cross section follows the $1/v$ law. Its energy dependance can be written as

$$\sigma_c(E) = 2.83 \cdot 10^{-5} \sqrt{E(\text{eV})}$$

σ_c value at 0.025 eV is 0.178 mb. The first threshold reaction is the (n, α) reaction with the threshold at 2.35 MeV. Since the capture cross section is very small and the (n, α)-cross section becomes appreciable only above 3.6 MeV, there is practically no difference between the elastic scattering cross section and the total cross section below 3.6 MeV. Between 3.6 MeV and the threshold for inelastic scattering of 6.4 MeV σ_{el} is calculated as difference of σ_t and $\sigma(n,\alpha)$.

The modification of σ_t and accordingly σ_{el} below 1 MeV are due to the representation of the 442 keV resonance. The cross sections below 0.7 MeV are mainly based on the data of Okazaki /13/ and Adair et al. /14/, between 0.7 MeV and 1 MeV the new measurements of Cierjacks et al. /15/ and Schwartz /16/. In the energy range between 9 and 15 MeV the recommended curve for σ_{el} is based on the measurements of Nellis and Bucjanan /17/, Bauer et al. /18/, McDonald et al. /19/ and Beach et al. /20/.

For the inelastic scattering cross section 24 levels of inelastic scattering up to 14.0 MeV are taken into account. The partial cross sections for each level and its energies are taken from the work of Foster and Young /21,22/. The excitation function of the first 20 levels are primarily based on the

(n,n', γ) measurements. The remaining four levels are calculated using the evaporation model. The total inelastic scattering cross section is the sum of all these differential cross sections.

The data for $^{16}\text{O}(n,p)$ -reaction are taken from the evaluation of Sloggie and Reynolds /24/, those for (n,d) are taken from Foster and Young /22/. Because of the high threshold (above 10 MeV) the data for these reactions were not included in the KEDAK-2 library.

After the release of KEDAK-2 new measurements have been reported for the $^{16}\text{O}(n,\alpha)^{13}\text{C}$ reaction and the γ -production cross section for the first 3 levels of excitation of ^{13}C (3.086, 3.684 and 3.854 MeV) /25/. The higher levels of ^{13}C decay through neutron emission and are, as such, included in the inelastic scattering cross section. The (n, α) transition to the ground state of ^{13}C and first 3 excited states of ^{13}C are included in the (n, α) cross section for ^{16}O in KEDAK-3.

Data for Aluminium

The data for ^{27}Al have not been reevaluated recently but an improvement of representation of point cross sections for the 5.9 keV resonance has been effected. The representation of capture cross section has also been improved between 0.1 eV and 7 keV. This is demonstrated in figure 7. Some improvement in the representation of $\sigma(n,n')$, $\sigma(n,p)$ and $\sigma(n,\alpha)$ has also been done above 10 MeV.

REFERENCES

- /1/ J.J. Schmidt
KFK 120 - EANDC-E-35 U (1966)
- /2/ B. Hinkelmann, B. Krieg, I. Langner, J.J. Schmidt and D. Woll
KFK 1340 - EANDC(E)136 "U" (1971)
- /3/ I. Broeders
KFK 2388 (1976)
- /4/ A. Horsley
Nucl. Data Tables A2 (1962) 243
- /5/ S. Cierjacks, P. Forti, G.J.Kirouac, D. Kopsch, L. Kropp and I. Nebe
KFK 1027 (1969)

- /6/ J.C. Hopkins and G. Breit
Nucl. Data Tables A9 (1971) 137
- /7/ J.S. Storey
in Nucl. Data for Reactors IAEA Vienna (1970), Vol. 1, p. 721
- /8/ R. Meyer
KFK 1272/2, (1972) p.122-12
- /9/ H.E. Hall, T.W. Bonner
Nucl. Phys. 14 (1959) 295
- /10/ L. Van der Zwan, K.W. Geiger
Nucl. Phys. A 152 (1970) 481
- /11/ A.W. Obst, T.B. Grandy, J.L. Weil
Phys. Rev. C5 (1972) 738
- /12/ E.A. Davis, T.W. Bonner, O.W. Worsley jr., R. Bass
Nucl. Phys. 48 (1963) 169
- /13/ H.T. Heaton II, J.L. Menke, R.A. Schrack and R.B. Schwartz
Nucl. Sci. Eng. 56 (1975) 27
- /14/ A. Okazaki
Phys. Rev. 99 (1955) 55
- /15/ R.K. Adair, H.H. Barschall, C.K. Bockelman and O. Sala
Phys. Rev. 75 (1949) 1124
- /16/ S. Cierjacks, P. Forti, D. Kopsch, L. Kropp, I. Nebe und H. Unseld
Report KFK-1000 (1968)
- /17/ R.B. Schwartz, Data refered in D.G. Foster, Jr. and P.G. Young
LA-4780 (1972)
- /18/ D.O. Nellis and P.S. Buchanan
DNA-2716 (1972)
- /19/ R.W. Bauer, J.D. Anderson and L.J. Christensen
Nucl. Phys. 47 (1963) 241
- /20/ W.J. McDonald, J.M. Robson and R. Malcolm
Nucl. Phys. 75 (1966) 353
- /21/ P.L. Beach, R.W. Finlay, R.L. Cassola and R.D. Koshel
Phys. Rev. 156 (1967) 1201
- /22/ P.G. Young, D.G. Foster, Jr. and G. Hale
DNA 4134 Nod2 (1973)
- /23/ D.G. Foster, Jr. and P.G. Young
LA-4780 (1972)
- /24/ E.L. Slaggie and J.T. Reynolds
KAPL-6452 (1965)
- /25/ J.K. Dickens and F.G. Perey
Nucl. Sci. Eng. 40 (1970) 283

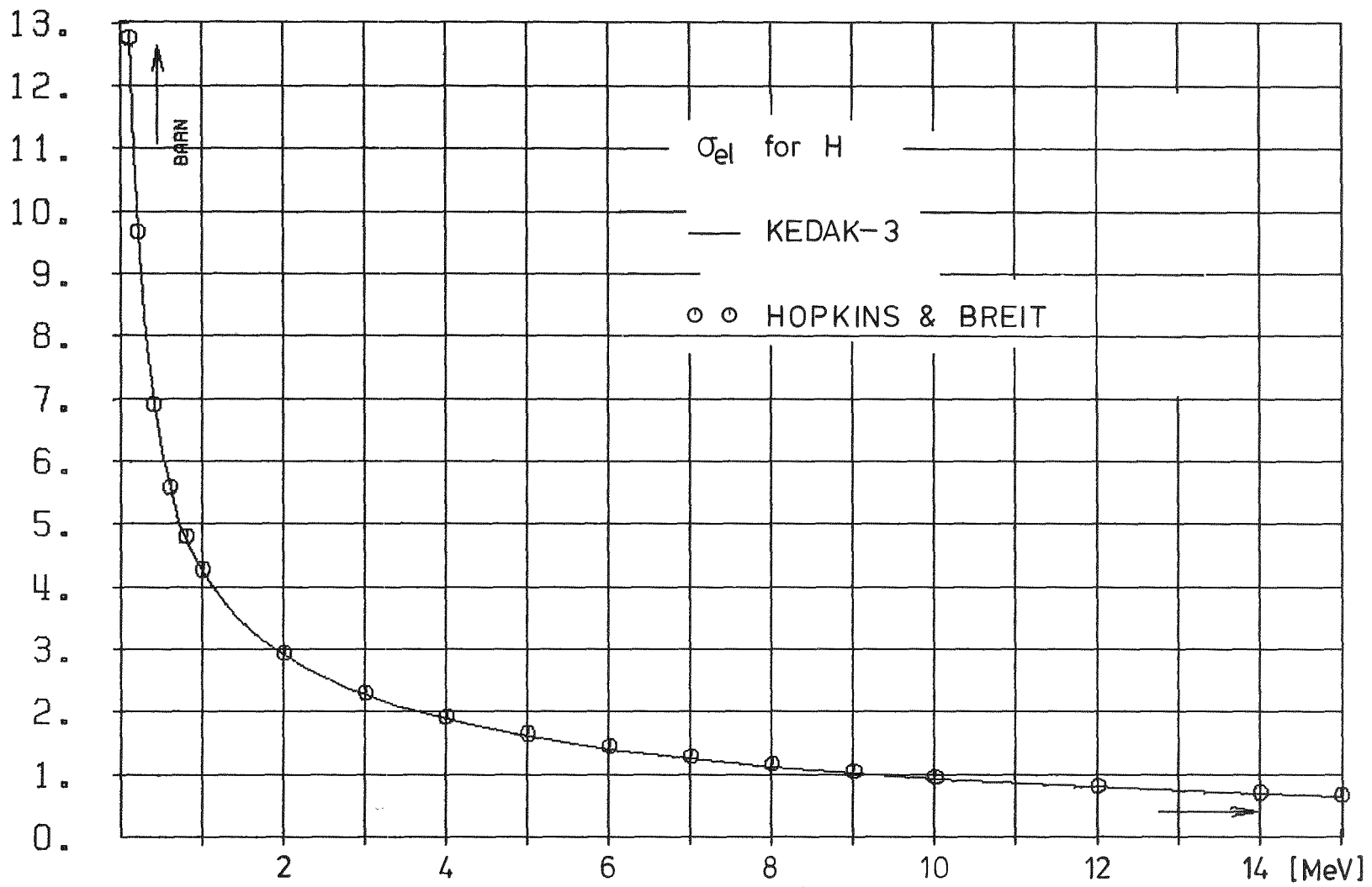


Fig. 1: Neutron elastic scattering cross section for hydrogen between 0.1 MeV and 15 MeV

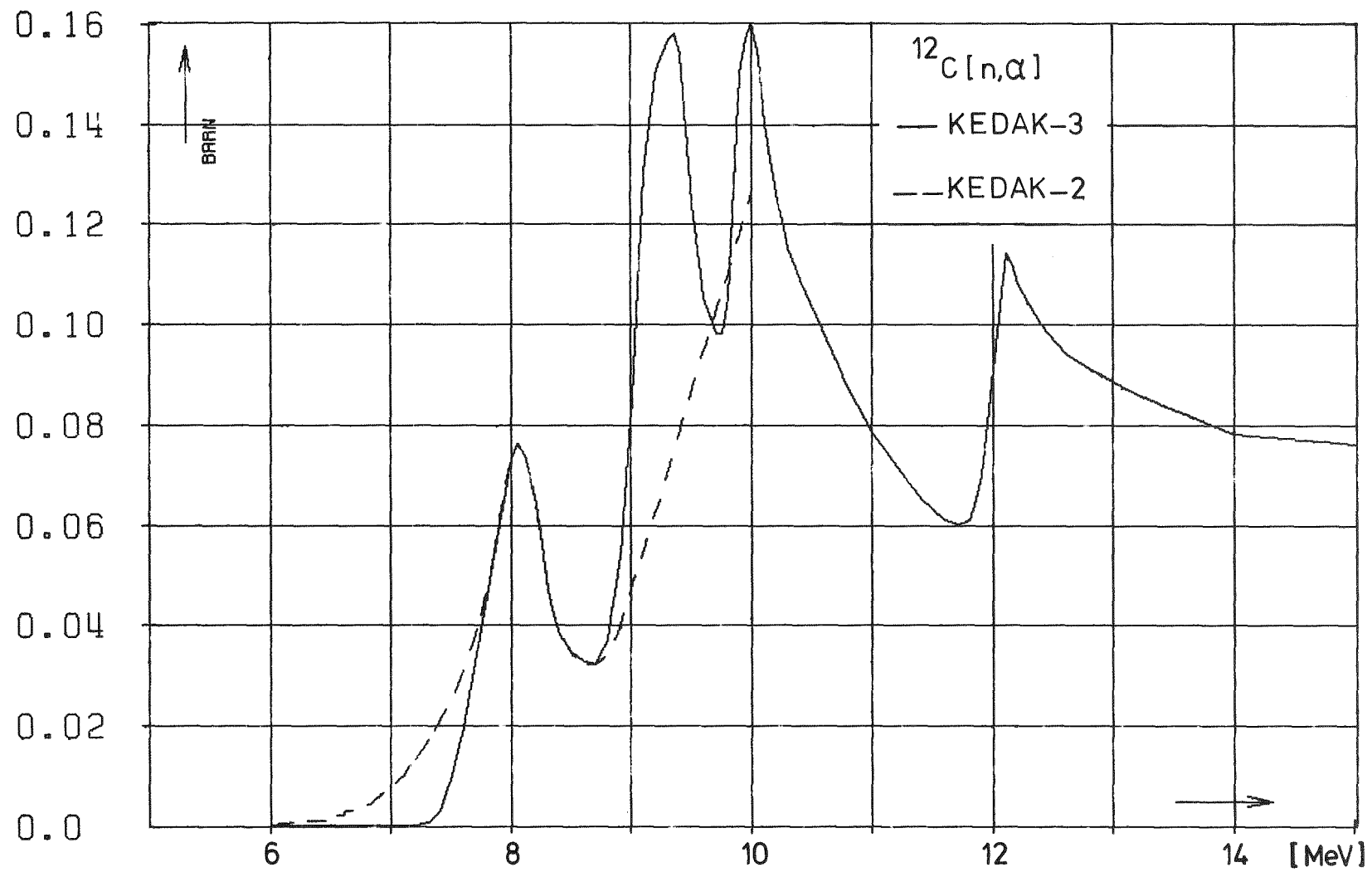


Fig. 2: Cross section for $^{12}\text{C}(n,\alpha)$ -reaction from threshold to 15 MeV

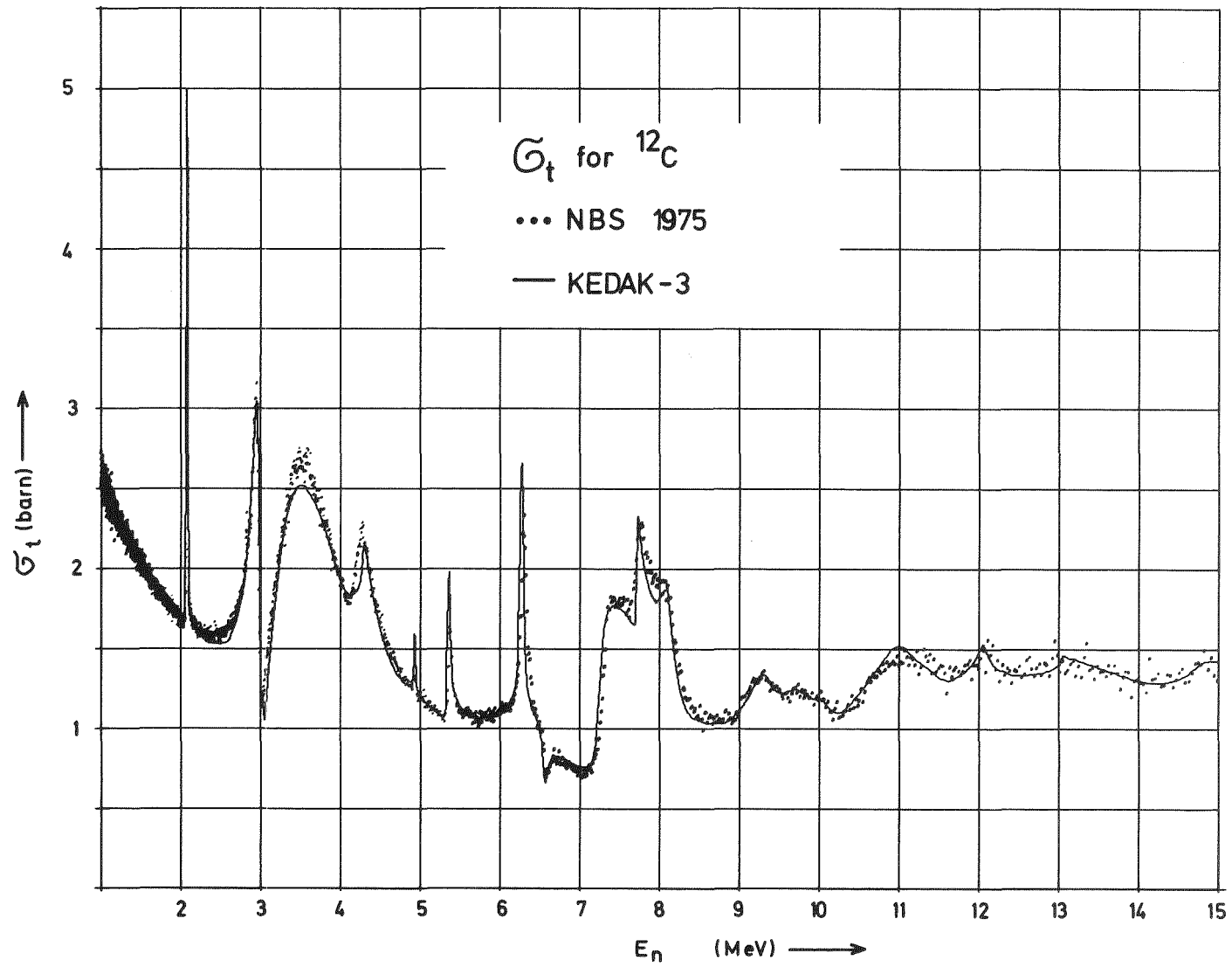


Fig. 3: Total neutron cross section for ^{12}C between 14 MeV and 15 MeV.

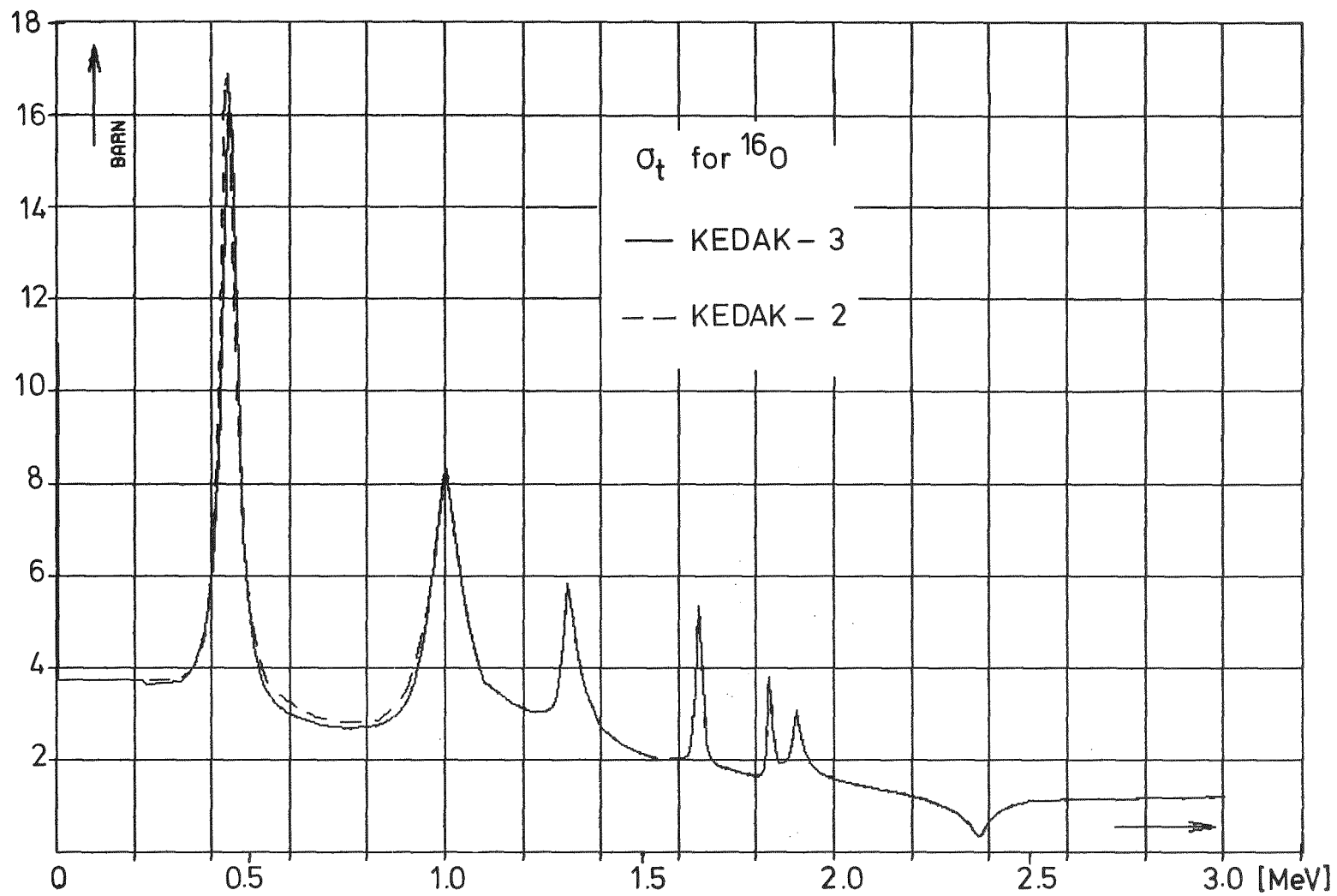


Fig. 4: Total neutron cross section for ^{16}O between 10 keV and 3 MeV

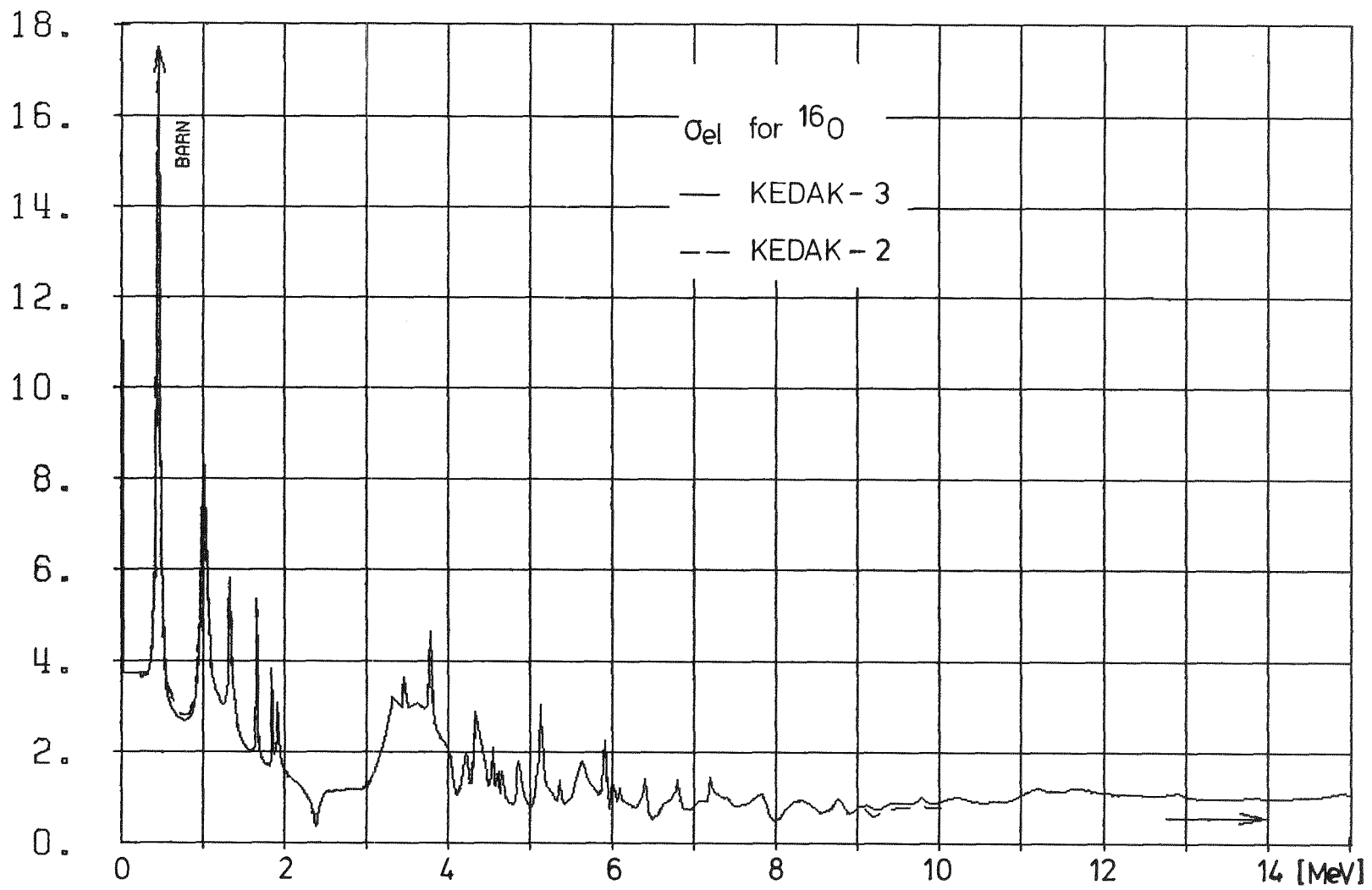


Fig. 5: Neutron Elastic Scattering cross section for ^{16}O between 10 keV and 15 MeV

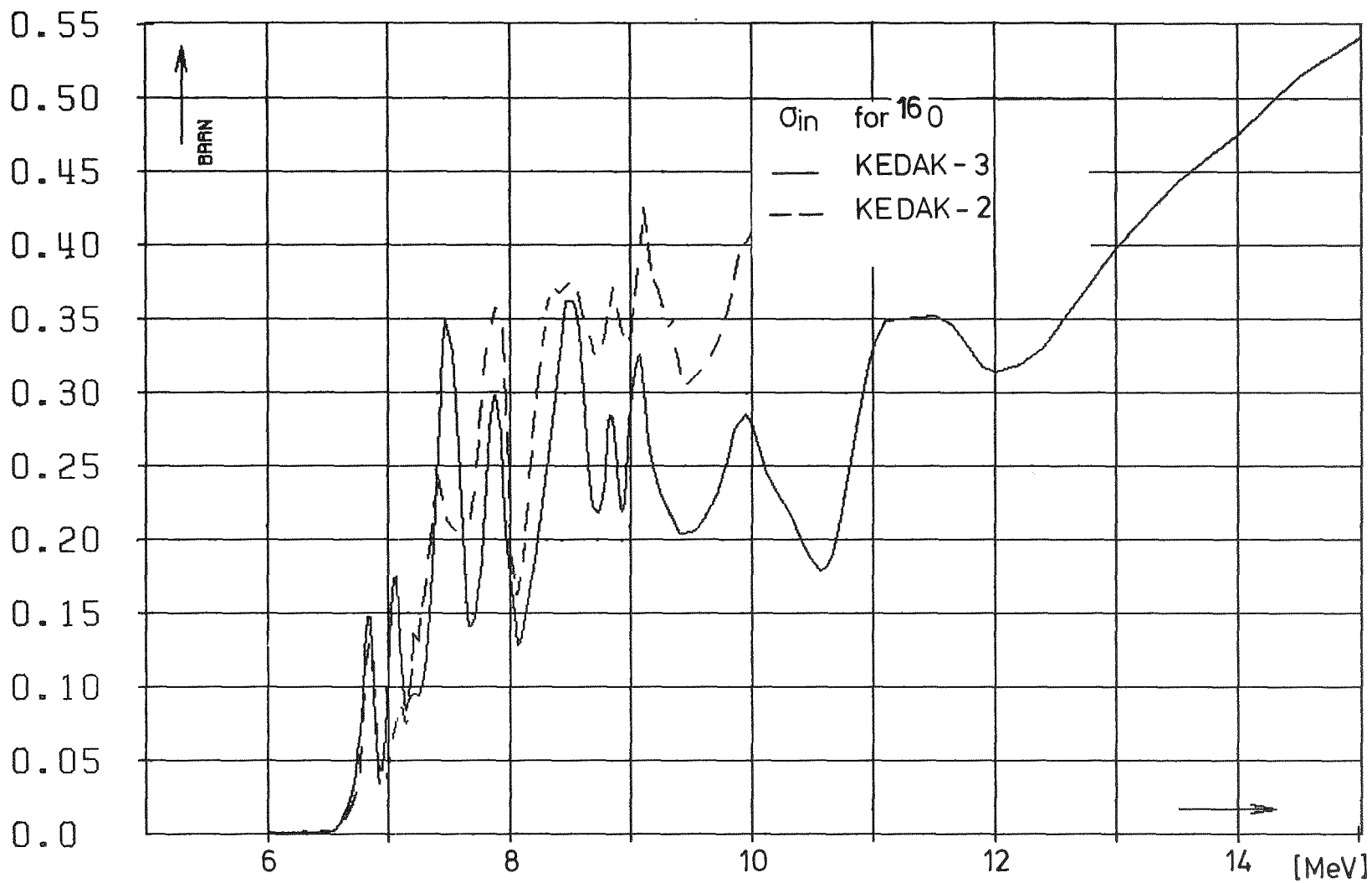


Fig. 6: Neutron inelastic Scattering Cross section for ^{16}O from threshold to 15 MeV

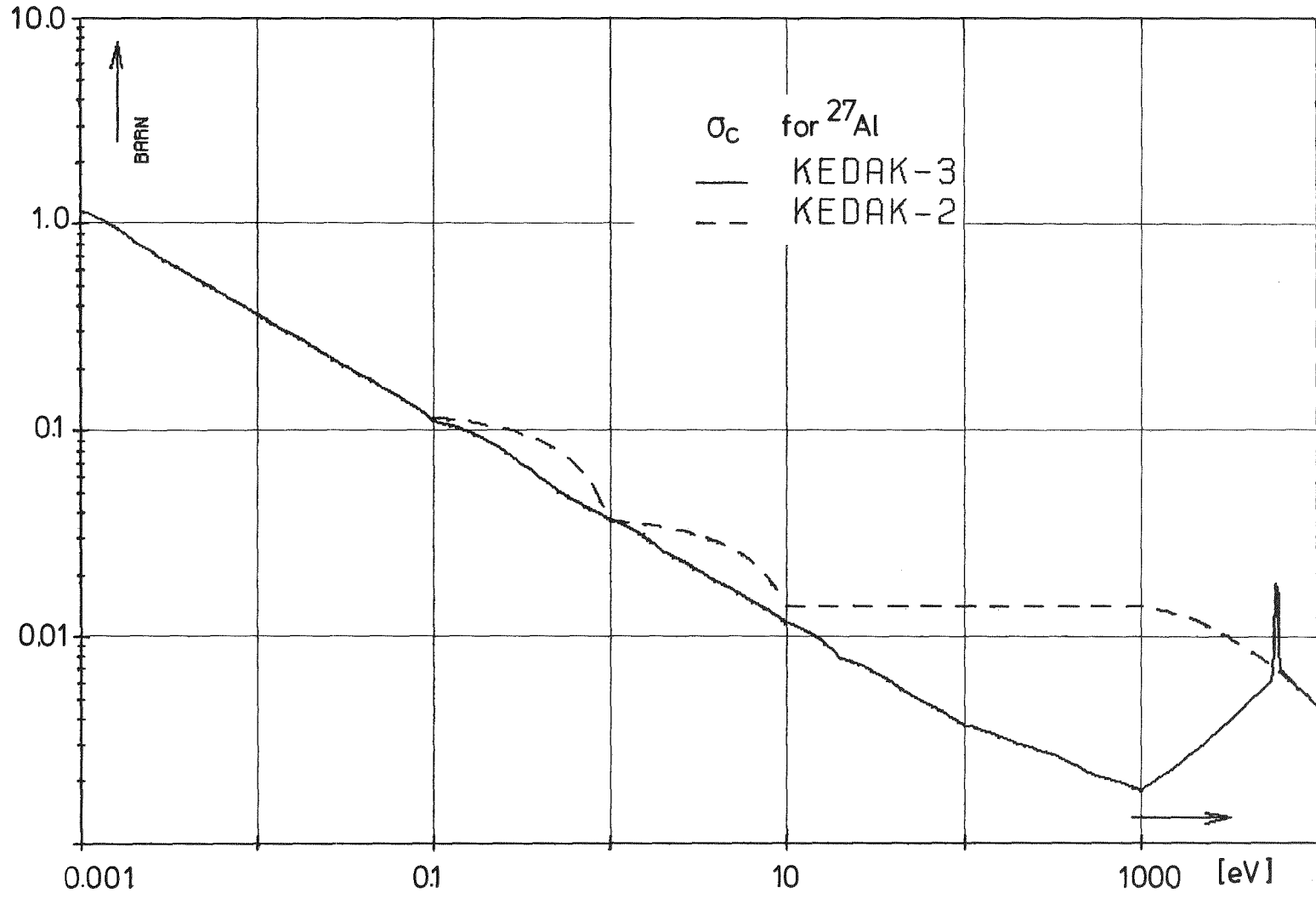


Fig. 7: Neutron Capture cross section for ^{27}Al between 1 meV and 1 keV

C. Evaluation of the cross section for Sodium and Molybdenum in MeV region

(R. Meyer)

In the following chapter the evaluation of sodium and molybdenum data are described. This evaluation dates back to 1972. The main emphasis is the updating of data up to 15 MeV. In particular the following cross sections were evaluated

$\sigma_t, \sigma_{el}, \sigma_{inel}$ from 10 MeV to 15 MeV
 $\sigma(n,\gamma)$ from 1 MeV to 15 MeV
and cross sections for threshold reaction like
 $\sigma(n,\alpha), \sigma(n,p)$ and $\sigma(n,2n)$ from threshold onwards to 15 MeV

after 1972 no new evaluation for these materials were performed. However some efforts were spent on adjusting these data to the data in the lower energy region.

The discontinuities in the data arising out of different evaluations have been removed. Thus for ^{23}Na σ_c is smoothed in the energy region of above 60 keV and $\sigma(n,n')$ is smoothed above 4 MeV. All other cross sections which depend upon σ_c or $\sigma(n,n')$ were also revised accordingly.

1.1 σ_T for ^{23}Na between 10 MeV and 15 MeV

In this energy range the data of Cierjacks et al. (Na-B7) have the best energy resolution and statistics. Fluctuations beyond experimental statistics are visible. Fig. Na-2 shows the curve fitted to these data. A mean statistical error between 1.0 and 1.5 % was accepted for fitting purposes. The points tabulated on Kodak were taken from this fit.

Fig. Na-1 shows the recommended total cross section as stored on Kodak together with all available experimental information.

Clearly the data of Cierjacks et al. (Na-B7) lie several percents below the data points of the other authors. The fluctuations in the results of Langsford et al. (Na-B5) can be attributed to the poor statistics of this measurement in the energy range under discussion.

1.2 $^{23}\text{Na}(n,p)$ cross section from threshold up to 15 MeV

Below 11 MeV the previously recommended curve (A - 1) follows the measurement of Williamson (Na-B27).

In the meantime new results became available. These new data are due to Bass et al. (Na-B32). The structure found by Williamson is confirmed. Due to better resolution and a larger number of data points a more detailed structure was found. Yet a comparison of the absolute $\sigma(n,p)$ of both measurements yields discrepancies sometimes as large as 100 %.

The values of Bass et al. were used, since method and equipment of this experiment is judged superior to that used by Williamson. However, we feel that in view of the structure found scattering corrections perhaps should have been applied.

Below 5.8 MeV and above 9 MeV the data of Williamson

(Na-B21, Na-B27) were used as the basis for the evaluated curve. In contrary to our previous evaluation (A - 1) we now chose a smooth curve through these data points. The recommended curve is shown in Figs. Na-3 and Na-4.

1.3 $^{23}\text{Na}(n,\alpha)$ cross section from threshold to 15 MeV

In the energy range covered by the measurement of Bass et al. (Na-B32) the recommended curve is based on the results of this experiment. No changes were applied to the cross section curve previously recommended outside this energy range.

1.4 $^{23}\text{Na}(n,2n)$ cross section from threshold to 15 MeV

The recommended curve starts at 13 MeV and follows closely the results of Liskien, Paulsen (Na-B46). The results of the different measurements are rather discrepant, the discrepancies being well above the accuracies claimed by the different experimantators.

1.5 $^{23}\text{Na}(n,np+pn)$ cross section from threshold to 15 MeV

We tried to estimate the cross sections for $\sigma(n,p)$, $\sigma(n,pn)$, $\sigma(n,np)$ which are displayed on Figs. Na-7, Na-8 and Na-10. $\sigma(n,pn)$ was estimated from assuming a smooth curve for the primary proton emission cross section.

$\sigma(n,np)$ is the result of subtracting the cross section for the other reaction types proceeding via primary neutron emission from an assumed smooth curve for the cross section for primary neutron emission. Any deuteron contributions are neglected because of the lack of information on this type of processes.

1.6 $^{23}\text{Na}(n,n\alpha)$ and $^{23}\text{Na}(n,\alpha n)$ cross sections from threshold to 15 MeV

The measurement of Woelfer, Bormann (Na-B54) was used

for the evaluation of the $(n, n\alpha + \alpha n)$ processes. Since the activation and prompt α counting measurements are independent, instead of the former our recommended curve was used as a source for $\sigma(n, \alpha)$. To correct for this we had to change $\sigma(n, \alpha^- \text{ emission})$ coming from the prompt α -counting. Then $\sigma(n, n\alpha)$ and $\sigma(n, \alpha n)$ were known in the usual way. The recommended curves together with Woelfer and Bormann's results for the α -emission cross section are shown on Fig Na-8.

1.7 ^{23}Na (n, γ) cross section from 1 MeV to 15 MeV

After our last evaluation (A-1) of the Na 23 (n, γ) cross section new measurements done by Menlove et al. (Na-B55) and Csikai et al. (Na-B56) became available, which agree rather well except at 15 MeV. Therefore our evaluated curve runs smoothly through the data given by both authors. We tried to reproduce this curve by a giant resonance capture model. Since the calculated curve deviated by a factor of two from the recommended one in the cross section minimum, the result of the calculation is not shown on Fig. Na-9, where the available information on σ_γ of Na 23 is plotted.

1.8 $\sigma_n, \sigma_x, \sigma_n$ for ^{23}Na from 10 MeV to 15 MeV

Experimental information is available above 14 MeV only. We note a σ_n -measurement by Kuijper (Na-B67), a $\alpha_{n, \text{emiss}}$ measurement by Sukhanov (Na-B62) and measurements of the production of the 0,44 MeV- γ (Martin, Na-B59) and of the nuclear temperature (Sal'nikov Na-B63).

Further theoretical estimate of σ_n , by Williamson (Na-B68) and an optical model calculation of σ_n and σ_x done with a local optical model code were available. All information is displayed on Fig Na-10.

With the help of the constant temperature formalism we derived a σ_n , and a $\sigma_{n, \text{emiss}}$ from Sukhanov's measurement, using the nuclear temperature as measured in this experiment.

From Martin's results we conclude, that σ_n , should be larger than 0.46 ± 0.06 b.

Our evaluated curves were chosen so as to:

- 1) fit the available experimental information within the assigned error bars,
- 2) produce a smoothly decreasing σ_n , approximating Williamson's estimates.
- 3) yield a smoothly increasing $\sigma_{n,np}$ as the main competing reaction to σ_n ,
- 4) get a curve for σ_x as closely as possible fitting the results of the optical model calculation

It was not tried to fit also the optical model calculations for σ_n , favouring the result of Kuijper in this respect.

2.1 σ_T for Molybdenum between 10 MeV and 15 MeV

The data of Foster, Glasgow (Mo-B2) , Bratenahl (Mo-B6) and Coon (Mo-B4) are the basis of our evaluated data for σ_{TOT} of molybdenum. We attributed the fluctuations seen in Foster and Glasgow's experiment to the same source as discussed in 2.1. Only the mean energy behaviour of these experimental points is taken into account by fitting through those data a piecewise linear function.

Fig.Mo-1 shows the evaluated curve together with experimental information.

2.2 $\sigma(n,p)$ for Molybdenum from threshold to 15 MeV

The experimental information together with the recommended curves is displayed on Figs. Mo-2 to Mo-8

Measurements are available only around 14 MeV.

Results of integral measurements have been used together with systematic estimates to define the (n,p) cross section curves.

Systematic estimates:

The Levkovskij estimate (Mo-B36) has been used which reads
 $\sigma_{n,p} = C_1 (A^{1/3} + 1)^2 \cdot \exp \left[-C_2 \cdot (N-Z)/A \right]$ at 14 MeV.
 C_1 and C_2 were won by fitting this formula to the isotopic cross sections for which measurements do exist.

The starting point for fitting the cross section curves to the fission spectrum averages accepted was a form

$$\sigma_p(E) \sim F\left(\frac{E+Q}{T}\right) - F\left(\frac{Q}{T}\right) \quad \text{corresponding to a}$$

coolant temperature compound nucleus model with a cutoff energy at the proton Coulomb barrier calculated according to Gardner (Mo-B16).

Mo 92

The values of Bramlitt and Fink (Mo-B21) and Fink et.al. (Na-B13) were used together with a fission average of $\sigma(n,p)$ of 6,3 mb which seems to be a good average of the recent experiments to define the recommended (n,p) cross section curve.

Mo 94

Only the 6.3 min. activity of Nb 94 m has been measured. Therefore our recommended curve was based on systematic estimates described above. The recommended curve gives a fission spectrum average $\bar{\sigma}(n,p) = 47 \mu\text{b}$

Mo 95

Since no measurement of $\sigma(n,p)$ is available again systematic estimates were used to calculate a 14 MeV-value.

The recommended curve was then fitted to a fission average of 0,14 mb taken from Rau's measurement (Mo-B18).

Mo 96

Cuzzocrea's and Fink's measurements of $\sigma(n,p)$ at approximately 14 MeV (Mo-B28, Mo-B13) were accepted as microscopic cross section values.

$\bar{\sigma}(n,p)$ as measured by Gopinathan was used to put the cross section curve in the lower energy region. No renormalization of this value was undertaken as could be indicated by the 3.64 mb value for Mo 92. Rather we believe that the possible error sources arise from the low energy tail of the Mo 92 (n,p) cross section and should not be present at the Mo 96 (n,p) cross section, which starts at approximately 5 MeV higher energy. This is also indicated by the Mo 95 (n,p) value of this experiment, which is in good agreement with other results. The Mo 95 (n,p) cross section starts at higher energy too.

Mo 97

We used the results of Cuzzocrea (Mo-B28) and Fink et. al. (Mo-B13) to evaluate our recommended curve.

We calculate a $\bar{\sigma}(n,p) = 12 \mu\text{b}$ from the recommended (n,p) cross section.

Mo 98

Since Gujrathi's result (Mo-B32) fitted rather well to the cross section value derived from systematics this measurements was favoured. Our recommended curve gives a $\bar{\sigma}(n,p) = 2 \cdot 9 \mu\text{b}$, but one should be aware that still some contributions from above 16 MeV arise.

Mo 100

The recommended curve, based on systematic considerations is shown on Fig Mo-8.

No $\bar{\sigma}(n,p)$ was calculated, since the contributions from above 16 MeV are not negligible.

2.3 $\sigma(n,\alpha)$, for Molybdenum from threshold to 15 MeV

Experimental information is available in the form of 14 MeV-cross sections for Mo 92, 98, 100 and fission spectrum averages have been measured for Mo, Mo 92, Mo 98.

Neither with the Gardner formula (Mo-B79) nor with the Levkovskij estimate (Mo-B36) it was possible to fit the experimental information on $\sigma(14 \text{ MeV})$ and $\bar{\sigma}(\chi^{235})$ simultaneously. Therefore the cross sections we recommend should be taken, though not arbitrary but rather as personal estimates. The accuracies tentatively assigned should be regarded the same way.

The recommended curves were based on the following information:

A combination of Levkovskij and Gardner estimates.

Thresholds were taken from König et. al. (a-16). Cross sections start at approximately 10 MeV above the threshold according the depressed Coulomb barrier. However in order to fit the fission spectrum averages, some of the starting points of $\sigma(n,\alpha)$ were moved to higher energies. The 14 MeV cross sections as measured by Fink (Mo-B13) for Mo 92, Mo 98 and Strohal (Mo-B23) for Mo 100 were used together with $\bar{\sigma}(n,\alpha)$ as measured by Freeman et.al. (Mo-B80) for Mo, Mellish (Mo-B26) for Mo 92 and Rau (Mo-B18) for Mo 98.

The result reported by Mellish was renormalized to 80 μb , according the Mo 92 (n,p) result of the same experiment.

However, since Mo 92 (n,p) cross sections start at much lower energies, this renormalization can be easily in error.

The experimental information is displayed on Figs. Mo-10, 11,12, the result of our evaluation is plotted on Fig. Mo-9.

2.4 $\sigma(n,2n)$ for Molybdenum from threshold to 15 MeV

Mo 92

A large amount of information is available on the (n,2n) cross section of Mo 92. However since the cross section is rather small it does not contribute significantly to the Mo (n,2n) process. The low cross section may be attributed to the (n,np) process which is favoured to its low threshold when compared with

the (n,2n) threshold. This is also indicated by measurement of Colli (Mo-B81). This situation differs from that encountered with the higher Mo-isotopes, where the (n,2n) threshold is either comparable to or even lower than the (n,np) threshold. This may also explain, why an unexpected high nuclear temperature T of 1.25 MeV would be necessary to fit the Mo 92 (n,2n) cross section satisfactorily up to several MeV above the threshold. The available experimental information is displayed on Fig Mo-14 together with the recommended curve, which follows the mean trend of the experimental points.

Large discrepancies occur even between recent measurements, i.e. Minetti (Mo-B52), Fink (Mo-B13), Decowski (Mo-B71), Csikai (Mo-B55), Crumpton (Mo-B75), Cuzzocrea (Mo-B28) and Prasad (Mo-B57), however the overwhelming part of the data points lies within an error bar of $\pm 15\%$ assigned to the evaluated curve.

Mo 100

The available experimental information is shown on Fig Mo-15. The results of Cuzzocrea (Mo-28) and Fink (Mo-13) have been used to determine a 14 MeV value of the Mo 100 (n,2n) cross section. The rise of the recommended curve has been estimated with the constant temperature formalism using the tabulation shown on Table Mo- 9 , with a nuclear temperature as recommended by Gilbert and Cameron (A-14).

other isotopes:

The empirical formula given by Adam, Jéki (Mo-B76):

$$\sigma_{n,2n} = C_3 (1 - C_1 (A^{1/3} + 1)^2 e^{-\frac{(N-Z)}{A}} C_2)$$

where C_1 , C_2 , C_3 are depending on the excitation energy only. A Comparison with Pearlstein's systematic (Mo-B58) shows, that C_3 should be in the order of 2,5 b at an excitation energy of 5 MeV,

since the rest of the formula roughly corrects for the charged particle emission. Assuming an energy dependence of C_3 according to the constant temperature formula using the nuclear temperatures given by Gilbert and Cameron (A-14) allows the calculation of C_2 and C_1 from the recommended curves for Mo 92, and Mo 100. Energy dependence of both parameters may be expected, since strong competition of charged particle emission occurs in Mo 92 (see above), however it turns out, that both parameters can well be represented by their mean values. $C_1 = 0.076$, $C_2 = 11.5$. This is also justified in view of the fact, that competition from charged particle emission is small with the higher Mo isotopes. The set of constants C_1 , C_2 and C_3 where only the latter one is energy dependent was used to calculate the rest of the isotopic Mo (n,2n) cross sections, as they are presented on Fig Mo-13.

2.5 $\sigma(n,np)$ and $\sigma(n,n\alpha)$ for Molybdenum

No recommendations are given for these reaction types for the following reasons:

- I) the experimental information is insufficient.
- II) Except for $\sigma(n,np)$ of Mo 92 the (n,np) cross sections can be assumed to be small, as is discussed in chapter 3.4
- III) The (n,pn) and (n, α n) cross sections should be negligible due to the low $\sigma(n,p)$, $\sigma(n,\alpha)$.
- IV) Since threshold + coulomb barrier for the (n,n α) reaction of all Mo isotopes except Mo 92 is comparable to that for the (n,np) reaction one may assume the (n,n α) cross section to be very small, also.
- V) The (n,np) and (n,n α) reactions need not be distinguished from the (n,n') process for reactor calculation purposes, since this leaves the n-emission cross section and -spectrum unchanged.

This is exactly the consequence of neglecting (n,n α) and (n,np), since we calculate σ_n , as $\sigma_x - \sum_i \sigma_i$, where σ_i denote all considered non elastic reactions except (n,n').

2.6 $\sigma(n,\gamma)$ for Molybdenum from 1 MeV to 15 MeV

Above 7 MeV experimental information is lacking. No measurements are available below this energy except for Mo 98 and Mo 100 (n, γ). Therefore the direct capture model has been used to calculate the shapes of the (n, γ) cross section curves. The curves were normalized to Benzi's evaluation (Mo-B47) at the intersection point of formula 1 and formula 2 in this reference and to a $\sigma_{\gamma} = 2,3$ mb taken from an extrapolation of a compilation done by Csikai et. al. (Mo-B37). Below this intersection point Benzi's curve has been used, above the result of one calculation, except for the (n, γ) cross sections of Mo 98 and Mo 100. All experiments have been renormalized either to the recommended standard cross sections (Mo-B48) or revised σ_f of U-235 (A-17).

Mo 98

Dovbenko et. al. (Mo-B38) do not give enough information about their measurement. Therefore we preferred Stupegia's values (Mo-B40). For energies above this measurement the recommended curve follows the calculated values.

Mo 100

The evaluated curve follows the results of Johnsrud et.al. (Mo-B43), who also carefully studied the possible error sources, whereas the respective description is lacking for the other measurements.

Above 4 MeV, however, a serious discrepancy occurs between this measurement and the shape of the curve as calculated from statistical theory estimates: The calculated cross section decreases rapidly, while the measured points indicate only a slow variation of the (n, γ) cross section.

2.7 $\sigma_n, \sigma_x, \sigma_{n'}$, for Molybdenum between 10 MeV and 15 MeV

Two measurements for the distribution of elastically scattered neutrons at 14 MeV are available (Mo-B83, Mo-B84). Both distributions have been integrated to yield a value for σ_n which can be then compared with the theoretical results of Bjorklund, Fernbach (Mo-B85) and Cassola, Koshel (Mo-B82).

A measurement for σ_x is available from Lebedev (Mo-B86), together with theoretical values from the above mentioned authors.

The results of Morgan (Mo-B88) and Prud'homme (Mo-B87) were treated as follows:

The differential distributions were integrated and the result extrapolated by the constant temperature model to a compound nucleus neutron emission cross section of approximately 1450 mb, which contains $\sigma_{2n}, \sigma_{n,n'}, \sigma_{n,np}$. With a $\sigma_{n,np}$ of 110 mb (Colli, Mo-B81) and a $\sigma_{n,2n}$ of 1000 mb (recommended one arrives at a $\sigma_{n,n'}$ of 340 mb. From Machwe's results (Mo-B93) we estimated the direct contributions to be in the order of 150 mb, giving a total $\sigma_{n,n'}$ of 990 mb.

If we sumup the above mentioned cross sections and add a $\sigma_{n,\alpha}$ of 10 mb and a $\sigma_{n,p + pn + d}$ of 30 mb (colli, Mo-B81) a value for $\sigma_x = 1640$ mb is the result, which agrees well with the prediction of Cassola, Koshel (Mo-B82).

Our evaluated curve runs through the optical model results of Cassola and Koshel, which also represent a good fit to most of the experimental values. The curves were chosen so that σ_{El} and $\sigma_{n, emiss}$ are smoothly decreasing functions and the variation of σ_x is small. The results are shown on Fig Mo-23,24.

Table Na - 1

Measurements of σ_T for Na in the energy range 10-15 MeV

(more references in (A1), Table Na-C 1)

Reference	Year	Energy (MeV)	Energy resolution (KeV)	$\frac{\Delta\sigma_T}{\sigma_T}$ (%)
Coon, Graves, Barschall (Na-B1)	1952	14.12	± 50	$\sigma_T = 1.71 \pm 0.03b$
Johnson (Na-B45)	1962	8.6-11.6	$E > 10MeV: \pm 540-700$	$\pm 10 - 4\%$
Leroy, Berthelot, Pomelas (Na-B3)	1963	1.9-14.5	$0.4ns \hat{=} \pm 350 (E=10MeV)$	3%
Foster, Glasgow (Na-B4)	1963	2.3-14.9	$E > 10MeV: \pm 330-570$	1 - 2 %
Langsford u.a (Na-B5)	1965	0.18-120	$0.18ns/m \hat{=} \pm 150 (E=10MeV)$	9 - 15 %
Guarrini u.a (Na-B6)	1968	14.68	± 230	$\sigma_T = 1.74 \pm 0.03$
Cierjacks u.a (Na-B7)	1968	0.5-30	$0.03ns/m \hat{=} \pm 25 (E=10MeV)$	< 3 %

Table Na - 2

Measurements of σ_p for Na (more references

in (A 1), Table Na- C 2)

Reference	Year	Energy (MeV)	Energy (KeV) resolution	$\frac{\Delta\sigma_p}{\sigma_p}$ (%)
Nann, et al. (Na-B8)	1969	8 - 9	80- 200	15-25 %
Pasquarelli (Na-B12)	1967	14,7	100	41±1.2 mb
Csikai,Nagy (Na-B13)	1967	14,7	-	39± 4 mb
Flesch, Hille (Na-B14)	1967	14,7	100	44± 9 mb
Prasad et al.(Na-B15)	1966	14,8	-	45± 5 mb
Mitra, Ghose (Na-B16)	1966	14,8	100	41.8 ±3.8 mb
Bass et al. (Na-B32)	1966	5.3 -9	25	15 %
Strain, Ross (Na-B23)	1965	14	-	-
Csikai (Na-B25)	1963	14,6	-	$\sigma_\alpha/\sigma_p = 3.9\pm0.3$
Varga (Na-B31)	1959	14,3	-	$\sigma_\alpha/\sigma_p = 2.4\pm10\%$

Table Na-3

Measurements of σ_{α} for Na (also (A1) ,Table)

Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma_{\alpha}}{\sigma_{\alpha}}$ (%)
Khurana, Govil (Na-B20)	1965	14,8 MeV	-	-
Strain, Ross (Na-B23)	1965	14 MeV	-	-
Flesch, Hille (Na-B14)	1967	14,7 MeV	100 KeV	15-20 %
Bass et al (Na-B32)	1966	6,8 - 9MeV	25 KeV	15 %

Table Na-4

Measurements of σ_{2n} for Na

Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma_{2n}}{\sigma_{2n}}$
Prestwood (Na-B47)	1955	14,1MeV	200 KeV	12 %
Liskien, Paulsen (Na-B46)	1965	12.7-16.5MeV	170-460 KeV	6-7 % (except near threshold)
Paulsen (Na-B49)	1965	17-19.6MeV	460-190KeV	9 %
Picard,Williamson (Na-B21)	1965	14,9-21 MeV	-	8-23%
Menlove et. al. (Na-B52)	1967	12.7-19.4MeV	320-870 KeV	10%(Except near threshold)

Table Na - 5

Measurements of $\sigma_{\text{opt}} + \sigma_{\text{na}}$ for Na

Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Woelfer, Bormann (Na-B54)	1966	12.6- 18.7MeV	300-400 KeV	-

Table Na - 6

Measurements of σ_{γ} for Na above 1 MeV

Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Menlove et al. (Na-B55)	1967	1 - 19.5 MeV	0.1-0.87MeV	8-20 %
Csikai et al. (Na-B56)	1967	13.4-15.0 MeV	-	60 μb
Perkin et al. (Na-B57)	1958	14.5 MeV	-	10 %
Leipunsky et al. (Na-B58)	1958	2.7, 4MeV	-	-

Table Na -7

Available measurements for σ_n, σ_n' for Na 10 - 15 MeV

Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Martin, Stewart (Na-B59)	1965	14.1MeV	-	-
Sukhanov (Na-B62)	1962	14 MeV	primary: - secondary: 5ns/m	-
Kuijper (Na-B67)	1965	14.8 MeV	60 KeV	15 %

Table Na- 8
values for $\bar{\sigma}$ ($\chi(E)$)
(U 235 fission spectrum average)

Reaction	Reference	year	$\bar{\sigma}$	Remarks
(n,p)	Rochlin (Na-B69)	1959	0,7 mb	rel P ³¹ ($\bar{\sigma}(n,p)$)=19mb
"	"	1959	1,0 mb	
(n, α)	"	1959	0,4 mb	rel P ³¹ ($\bar{\sigma}(n,p)$)=19mb
"	"	1959	0,47 mb	
(n,2n)	"	1959	6 μ b	-

Table Na-10

proposed accuracies of recommended cross sections

Quantity	Energy range	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$ (%)	Remarks
σ_T	10 - 15 MeV	< \pm 3 %	equals experimental error
σ_p	up to 15 MeV	\pm 15 %	large experimental discrepancies
σ_α	up to 15 MeV	\pm 15 %	from experimental errors
σ_{2n}	up to 15 MeV	\pm 15 %	discrepancies beyond experimental errors
σ_γ	1 - 15 MeV	\pm 20 %	
$\sigma_{n'}$	10 - 15 MeV	\pm 15 %	comprises all nonelastic σ except $\sigma_p, \sigma_\alpha, \sigma_\gamma, \sigma_{2n}$.
σ_x	10 -15 MeV	\pm 20 %	
σ_n	10 -15 MeV	\pm 20 %	no reliable information

References

$\frac{\sigma_T}{\sigma_P}$

- Na - B1 J.H. Coon, E.R. Graves, H.H. Barschall, Phys. Rev. 88, 562, 1952
" B3 J.L. Leroy, F.C. Berthelot, E. Pomelas, J. Phys. Rad. 24, 826, 1963
" B4 D.G. Foster, D.W. Glasgow, HW-SA 2875, 1963; Nucl. Instr. Meth. 36, 1, 1965
" B5 A. Langsford, P.H. Bowen, G.C. Cox, F.W.K. Firk, D.B. McConnell, B. Rose Conf. Nucl. Study with Neutrons, Antwerp 1965, P 81
" B6 F. Guarrini, A. Cuches, G. Pauli, G. Poiani, Nucl. Sc. Eng. 31, 341, 1968
" B7 S. Cierjacks, P. Forti, D. Kopsch, L. Kropp, H. Nebe, H. Unseld, KFK 1000, 1968
" B45 Johnson, Data from CCDN/Saclay, 1962

$\frac{\sigma_P}{\sigma_T}$

- Na - B8 H. Nann, R. Bass, K.O. Groeneveld, F. Saleh-Bass, Z. Physik 218, 190, 1969
" B9 J. Csikai, Mag. Fiz. Fol. 16, 123, 1968
" B10 Cuzzocrea, Inst. Fisica Nucleare, Florence, Report /Be-67 10, 1967
" B11 D.G. Gardner, Nucl. Phys. A 96, 121, 1967
" B12 A. Pasquarelli, Nucl. Phys. A 93, 218, 1967
" B13 J. Csikai, S. Nagy, Nucl. Phys. A 91, 222, 1967
" B14 F. Flesch, P. Hille, Sitzber. österr. Akad. Wiss. 176, 45, 1967
" B15 R. Prasad, D.C. Sarkar, C.S. Khurana, Nucl. Phys. 85, 476, 1966
" B16 B. Mitra, A.M. Ghose, Nucl. Phys. 83, 157, 1966, Atomic Energy Establishment Trombay, Report 267, 62, 1966
" B17 J. Csikai, Atomki Kozl. 8, 79, 1966
" B18 H. Liskien, A. Paulsen, Eur 119e Vol 1, 1966
" B19 R. Bass u.a., Conf. Study Nucl. Structure with Neutrons, Antwerp 1965, P6
" B20 C.S. Khurana, I.M. Govil, Nucl. Phys. 69, 153, 1965
" B21 J. Picard, C. Williamson, J. Phys. Rad 24, 813, 1963, Nucl. Phys. 63, 673, 1965
" B22 B. Mitra, Proc. Nucl. & Solid State Phys. Sympos., Madras 1962, Bombay 1963, Chandigarh 1964, Calcutta 1965
" B23 J.E. Strain, W.J. Ross, ORNL-3672, 1965
" B24 P. Hille, Österr. Akad. Wiss. Sitzber. 174, 11, 1965
" B25 J. Csikai, B. Gyarmati, I. Hunyadi, Nucl. Phys. 46, 141, 1963
" B26 J. Csikai, Atomki Kozl. 4, 137, 1962
" B27 C.F. Williamson, Phys. Rev. 122, 1877, 1961

- Na - B28 D.L. Allan, Nucl. Phys. 24, 274,1961
" B29 S.K. Mukherjee, A.K. Ganguly, N.K. Majumder, Proc. Phys. Soc. 77,508,1961
" B30 R.E. Bullock, R.G. Moore, Phys. Rev. 119,721,1960
" B31 L. Varga, Nucl. Phys. 20, 487, 1959
" B32 R.Bass, F. Saleh, B. Staginnus, EANDC (E) 66 U, p64,1966
" B33 H. Bormann, H. Jeremie, G. Andersson-Lindström, H.Neuert, H. Pollehn, Z. Naturforsch. 15a,200,1960
" B34 S.K. Mukherjee, Nucl. Phys. Symposium, Waltair 1960,p289
" B35 C.S. Khurana, Nucl. Phys. Symposium Waltair 1960, p297
" B36 E.B. Paul, R.L. Clarke, Can.J.Phys. 31, 267, 1953
" B37 G.E. Brown et.al., Phil.Mag. 2, 473, 1957
" B69 R.S. Rochlin, Nucleonics 17, 1,54,1959

σ_{α}

- Na - B10 Cuzzocrea INFN/Be-67/10,1967
" B14 F.Flesch, P.Hille, Sitzbez.österr. Akad.Wiss 176,45,1967
" B20 C.S. Khurana, I.M. Govil, Nucl. Phys. 69,153,1965
" B21 J.Picard, C.Williamson, J.Phys.Rad 24, 813,1963, Nucl.Phys. 63, 673,1965
" B23 J.E. Strain, W.J. Ross, ORNL-3672, 1965
" B24 P. Hille, österr. Akad.Wiss.Sitzbez. 174, 11,1965
" B25 J.Csikai, B. Gyarmati, I. Hunyadi, Nucl. Phys. 46,141,1963
" B27 C.F. Williamson, Phys. Rev. 122,1877,1961
" B29 S.K. Mukherjee, A.K. Ganguly, N.K. Majumder, Proc.Phys. Soc. 77, 508,1961
" B30 R.E. Bullock, R.G. Moore, Phys. Rev 119,721,1960
" B31 L. Varga, Nucl. Phys. 20, 487, 1959
" B32 R. Bass, F. Saleh, B. Staginnus, EANDC (E) 66U,64,1966
B.Staginnus, Diplomarbeit, Inst. Kernphysik, Univ.Frankfurt
" B33 H. Bormann, H.Jeremie, G.Andersson-Lindström,H.Neuert,H.Pollehn, Z.Naturforsch. 15 A, 200, 1960
" B38 G.Woelfer, H. Bormann, Z. Physik 194,75,1966
" B39 D.G. Gardner, Nucl. Phys. 60,49,1964
" B40 J.N. Massot, E.El-Baz, J.Lafoururière, Nucl.Phys.58,273,1964
" B41 U. Facchini, E. Saetta-Menichella, F.Tonolini, L. Tonolini-Severgnini, Nucl. Phys. 51,460,1964

- Na - B42 O.N. Kaul, Nucl. Phys. 33,177,1962
" B43 P.G. Bizetti, A.M. Bizetti-Sona, M. Bocciolini, Nucl. Phys.
36.38,1962
" B44 J.V. Jelley, E.B. Paul, Proc. phys. Soc. A 63, 112, 1950
" B69 R.S. Rochlin, Nucleonics 17, 1,54,1969

σ_{2n}

- Na - B18 H. Liskien, A. Paulsen, Eur. 119e, Vol.1,1966
" B21 J.Picard, C. Williamson, J. Phys. Rad. 24,813,1963
Nucl. Phys. 63, 673,1965
" B24 P. Hille, B. Karlik, S. Tagesen, Österr. Akad. Wiss. Sitzbez.174,
11,1965
" B46 H. Liskien, A. Paulsen, Nucl. Phys. 63,393,1965
" B47 R.J. Prestwood, Phys. Rev. 98,47,1955
" B48 M. Bormann, Nucl. Phys. 65,257,1965
" B49 A. Paulsen, Data from CCDN/Saclay,1965
" B50 F. Nasyrov, Sov. At. En. 25,1251,1968
" B51 S. Pearlstein, Nucl. Sc. Eng. 23, 238,1965
" B52 H.O. Menlove, K.L. Coop, H.A. Grench, R. Sher, Phys. Rev.
163, 1308,1967
" B69 R.S. Rochlin, Nucleonics 17,1,54,1959

σ_{np}

- Na - B24 P. Hille, B. Karlik, S. Tagesen, Sitzbez. d.österr. Akad.Wiss.174,
11,1965
" B53 G. Brown, Phil.Mag. 2, 473,1957

$\sigma_{n\alpha}$

- Na - B54 G. Woelfer, H. Bormann. Z. Physik 194,75,1966

$\sigma(n,\gamma)$

- Na - B9 J.Csikai, Mag. Fisz.Fol. 16, 123,1968
Na - B17 J. Csikai, Atomki. Kozl. 8, 79,1966
" B55 H.O. Menlove, K.L. Coop, H.A. Grench, Phys.Rev.163,1299,1967
" B56 J.Csikai, G. Petö, M. Buczhó, Z. Miligy, N.A. Eissa,
Nucl. Phys. A 95, 229, 1967
" B57 J.L. Perkin, L.P. O'Connor, R.F. Coleman, Proc. Phys.
Soc 72, 505, 1958

Na - B58 A.I. Leipunsky, O.D. Kazachkovsky, G.Y. Artyokov,
A.I. Baryshnikov, T.S. Belanova, V.N. Galkov, Y.Y. Staviskij,
E.A. Stumber, L.E. Sherman, IAEA Geneva Conference 1958,
Vol. 15, 50

$\sigma(n, n')$

Na - B59 P.W. Martin, D.T. Stewart, J. Nucl. En. A/B 19, 447, 1965
($E_Y = 0,44$ MeV)
" B60 I.L. Morgan et al. , Tex. Nucl. Corp, Ann. Progr. Rep. 1963
" B61 W.G. Cross, R.L. Clarke et al., PR-P-41, 20, 1959
" B62 V.I. Sukhanov, V.G. Rukavisknikov, Sov. J. At. En. 11, 1044, 1962
" B63 O.A. Sal'nikov, FEI-39, 1966
" B64 O.A. Sal'nikov, G.N. Lovchikova, Sov. J. At. En. 11, 1087, 1961
" B65 A.O. Sal'nikov et al. , Sov. J. Nucl. Phys. 4, 831, 1967

$\sigma(n, n)$

Na - B66 F.P. Agee, L. Rosen, LA-3538-MS vol 1, 1966
" B67 Kuijper, Data from CCDN/Sacclay
" B68 C.F. Williamson, Phys. Rev. 122, 1877, 1961

Table Mo-1

Measurements of σ_{TOT} for Mo in the range 10 - 15 MeV

References	Year	Energy	Resolution	$\Delta\sigma/\sigma$
Foster, Glasgow (Mo-B2)	1963	2.25-14.9MeV	0,32ns/m+1.6%E	1 %
Nereson, Darden (Mo-B3)	1954	2.8-13 MeV	6 - 15 %	>10 %
Langsford et.al. (Mo-B4)	1965	0.18-12 MeV	0,18 ns/m	10 - 15 %
Mc.Callum et.al.(Mo-B5)	1960	12.3-20,2MeV	-	2 %
Bratenahl et. al. (Mo-B6)	1958	7-14,5 MeV	170-70 KeV	0,5 %
Vervier et. al. (Mo-B7)	1958	13.8-14.6MeV	--	--
Coon et. al. (Mo-B9)	1952	14.12 MeV	40 KeV	< 4 %
Goodman (Mo-B10)	1952	14 MeV	--	--

Table Mo-2

Measurements of $\sigma(n,p)$ for Mo and Mo-isotopes

Target	Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Mo	Allan (Mo-B11)	1961	14 MeV	-	-
	Colli (Mo-B12)	1959	14 MeV	-	-
Mo 92	Strohal et.al. (Mo-B23)	1962	14,6 MeV	+0,2 - 0,3 MeV	-
	Bramlitt, Fink (Mo-B21)	1963	14,7 MeV	$\pm 0,2$ MeV	$\sigma=60\pm 15$ mb
	Fink et.al. (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	$\pm 0,3$ MeV	$\sigma=62,5\pm 4$ mb
Mo 94	Bramlitt, Fink (Mo-B21)	1963	14,7 MeV	$\pm 0,2$ MeV	20 %
Mo 96	Strohal (Mo-B23)	1962	14,6 MeV	$\pm 200 - 300$ KeV	$\sigma=21\pm 7$ mb
	Bramlitt (Mo-B21)	1963	14,7 MeV	± 200 KeV	$\sigma=37\pm 7$ mb
	Cuzzocrea (Mo-B35)	1965	14,1 MeV	± 400 KeV	$\sigma=20\pm 3$ mb
	Cuzzocrea (Mo-B28)	1967	14,1 MeV	± 200 KeV	$\sigma=16\pm 3$ mb
	Fink (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	± 300 KeV	$\sigma=21,3\pm 1,5$ mb
Mo 97	Strohal (Mo-B23)	1962	14,6 MeV	$\begin{cases} \pm 200 \\ \pm 300 \end{cases}$ KeV	$\sigma=68\pm 14$ mb
	Cuzzocrea (Mo-B35)	1965	14,1 MeV	± 400 KeV	$\sigma=18\pm 3$ mb
	Cuzzocrea (Mo-B28)	1967	14,1 MeV	± 200 KeV	$\sigma=17,7\pm 1,5$ mb
	Fink (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	± 300 KeV	$\sigma=15,9\pm 1,5$ mb
Mo 98	Bramlitt, Fink (Mo-B21)	1963	14,7 MeV	± 200 KeV	$\sigma=9\pm 2$ mb
	Cuzzocrea (Mo-B35)	1965	14,1 MeV	± 400 KeV	$\sigma=6,2\pm 1,4$ mb
	Gujrathi (Mo-B32)	1966	14,8 MeV	-	$\sigma=14\pm 3$ mb
	Cuzzocrea (Mo-B28)	1967	14,1 MeV	± 200 KeV	$\sigma=6,7\pm 0,6$ mb
Mo 100	Fink (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	± 300 KeV	$\sigma=4,1\pm 0,5$ mb

Table Mo-3

Measurements of $\sigma(n,\alpha)$ for Mo-isotopes

Target	Reference	Year	Energy	Resolution	$\Delta\sigma/\sigma$
92	Fink (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	300 KeV	6%
	Cuzzocrea (Mo-B28)	1967	14,1 MeV	200 KeV	-
	Bramlitt, Fink (Mo-B21)	1962	14,7 MeV	200 KeV	40%
98	Fink (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	300 KeV	12%
100	Cuzzocrea (Mo-B28)	1967	14,1 MeV	200 KeV	-
	Strohal (Mo-B23)	1962	14,6 MeV	+200,-300KeV	40%

Table Mo-4

Measurements of $\sigma(n,2n)$ for Mo and its isotopes

Target	Reference	Year	Energy	Resoution	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Mo 92	Fink (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	300 KeV	8 %
	Karolyi (Mo-B51)	1968	14,8 MeV	200 KeV	-
	Minetti (Mo-B52)	1968	14,7 MeV	300 KeV	8 %
	Cuzzocrea (Mo-B28)	1967	14,1 MeV	200 KeV	-
	Csikai, Petö (Mo-B55)	1967	14,7 MeV	300 KeV	-
	Prasad (Mo-B57)	1967	14,8 MeV	<500 KeV	14 %
	Csikai (Mo-B59)	1965	13,5 -14,7MeV (steps of 50 KeV)	few KeV-100 KeV	$\frac{\sigma(E)}{\sigma(14,6\text{MeV})}$ measured
	Csikai (Mo-B60)	1965	14,8 MeV	-	-
	Bramlitt, Fink (Mo-B62)	1963	14,7 MeV	200 KeV	20 %
	Cevolani (Mo-B64)	1962	14,13 MeV	100 KeV	10 %
	Strohal (Mo-B65)	1962	14,6 MeV	+200 -300KeV	12 %
	Rayburn (Mo-B66)	1961	14,4 MeV	300 KeV	-
	Paul,Clarke (Mo-B68)	1953	14,5 MeV	-	-
	Brolley (Mo-B70)	1952	12-14 MeV	-	-
Mo 100	Fink (Mo-B13)	1970	14,4 MeV	300 KeV	6 %
	Csikai (Mo-B55)	1967	14,7 MeV	300 KeV	12 %
	Cuzzocrea (Mo-B28)	1967	14,1 MeV	200 KeV	12 %
	Strohal (Mo-B65)	1962	14,6 MeV	+200 -300KeV	10 %
	Khurana (Mo-B73)	1961	14,8 MeV	<500 KeV	10 %
	Paul, Clarke (Mo-B68)	1953	14,5 MeV	-	50 %

Table-Mo-5

Available measurements on $\sigma(n,y)$ for Mo-isotopes above 1 MeV

Target	Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Mo 98	Dorbenko (Mo-B38)	1969	0,2 - 3 MeV	-	20%
	Petö (Mo-B39)	1967	3 MeV	0,2 MeV	20%
	Stupegia (Mo-B40)	1968	5KeV- 3 MeV	12 - 80 KeV (E > 150 KeV)	5-10%
Mo 100	Tolstikov (Mo-B42)	1962	30KeV-2,1MeV	± 50 KeV (400-2100 KeV)	-
	Johnsrud (Mo-B43)	1957	0,15-6,2 MeV	170/80 KeV E < (600 - 2500 KeV) 380KeV(E>2,5Mev)	10%
	Leipunsky (Mo-B44)	1958	0,2;2,7;4MeV	30 KeV at 0,2MeV	-
	Pasechnik (Mo-B45)	1958	2,5;3,1;4MeV	-	18%

Table Mo-6

Available measurements for σ_x , σ_{EL} , $\sigma(n,n')$ from 10 - 15 MeV

Quantity	Reference	Year	Energy	Resolution	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
$d\sigma_{n,n'}(E, E', \theta)$	Morgan et. al. (Mo-B88)	1967	14,8 MeV	0,1 MeV	17-25%
$d\sigma_n(E, E', \theta)$	Prudhomme et.al. (Mo-B87)	1960	15 MeV	-	15%
$d\sigma_{n,n}(\theta)$ $d\sigma_{n,n'}(\theta)$	Machwe (Mo-B83)	1962	14 MeV	< 300 KeV	10-30%
$d\sigma_{n,n}(\theta)$	Strizhak et. al. (Mo-B84)	1962	14 MeV	-	10 %
σ_x	Lebedev et.al. (Mo-B86)	1958	14 MeV	-	10 %

Table Mo-7

Values for $\bar{\sigma}(\chi(E))$, the U^{235} fission spectrum average

Reaction	Reference	Year	$\bar{\sigma}$	Remarks, Standards
$\frac{n,p}{92}$	Nasyrov (Mo-B14)	1968	6,7±0,63mb	σ_f (Pu 239) = 1,85 b
	Breستي (Mo-B15)	1967	5,75±0,25mb	$\bar{\sigma}_{\alpha}$ (Al 27) = 0,61 mb
	Rau (Mo-B18)	1967	6,74±0,27mb	$\bar{\sigma}_{\alpha}$ (Ti 46) = 12,6 mb
	Fabry (Mo-B19)	1966	6,10±0,30mb	$\bar{\sigma}_p$ (S 32) = 63 mb, $\bar{\sigma}_{\alpha}$ (Al 27) = 0,63mb
	Boldeman (Mo-B23)	1964	6,2 ±0,4 mb	$\bar{\sigma}_p$ (S32) = 60 mb
	Hogg, Weber (Mo-B22)	1962	6,0 mb	$\bar{\sigma}_{\alpha}$ (Al 27) = 0,57 mb
	Gopinathan(Mo-B25) ,	1962	3,64 mb	$\bar{\sigma}$ (Ni 58 (n,p)) = 105 mb
	Mellish (Mo-B26)	1958	1,3 mb	$\bar{\sigma}_p$ (S 32) = 30 mb
	recommended curve	-	6,2 mb	
	95	Rau (Mo-B18)	1967	0,138±0,006 mb
Boldeman (Mo-B20)		1964	0,13 ±0,02 mb	
Gopinathan (Mo-B26)		1962	0,12 mb	see 92
Mellish (Mo-B26)		1958	< 0,1 mb	
Hogg, Weber (Mo-B22)		1962	< 0,1 mb	
recommended curve		-	0,147 mb	
96	Gopinathan (Mo-B25)	1962	0,03 mb	
	Mellish (Mo-B26)	1958	0,017 mb	see 92
	recommended curve	-	0,03 mb	
94	recommended curve	-	0,047 mb	
97	"	-	0,012 mb	
98	"	-	-	} contributions from above 15 MeV
100	"	-	-	
Mo	"	-	1,01 mb	

Reaction	Reference	Year	$\bar{\sigma}$	Remarks, Standards
<u>n, α</u>				
92	Mellish (Mo-B26) recommended curve	1958	17 μ b 79 μ b	$\bar{\sigma}_p$ (532) = 30 mb
94	"		378 μ b	
95	"		265 μ b	
96	"		80 μ b	
97	"		16 μ b	
98	Rau (Mo-B18) recommended curve	1967	14 \pm 1,3 μ b 11 μ b	$\bar{\sigma}_p$ (Ti 46) = 12,6 mb
100	"		2,8 μ b	
Mo	Freeman et al.	1969	130 \pm 30 μ b	$\bar{\sigma}_p$ (Fe 54) = 71mb, $\bar{\sigma}_p$ (Ni 58) = 109 mb

Table Mo-8

Proposed accuracies for recommended Mo-cross sections

Quantity	Energy range	$\Delta\sigma/\sigma$	Remarks
σ_{TOT}	10 - 15 MeV	<4 %	
σ_p	threshold -10 MeV	25 %	only integral data available
	10 - 15 MeV	15 %	
σ_α	threshold - 15 MeV	30 - 50%	scarce experimental information accuracy of integral data worse than 20 %
σ_{2n}	threshold - 15 MeV	20 %	experimental information avail- able for Mo 92, Mo 100 only
σ_γ	1 - 5 MeV	20 %	experimental information for Mo 98, Mo 100 only
	5 - 15 MeV	40 %	
$\sigma_{n'}$	10-15 MeV	20 %	no experimental information
σ_x	10-15 MeV	15 %	
σ_n	10-15 MeV	15 %	

References

σ_{TOT}

- Mo - B1 Cassola, Koshel, Nuovo Cimento 53, 2B, 363, 1968
" B2 D.G. Foster, D.W. Glasgow HW-SA 28-5, 1963
Nucl. Instr. Methods 36,1,1965
" B3 N. Nereson, S. Darden, Phys. Rev. 94, 1678, 1954
" B4 A. Langsford, P.H. Bowen, G.C. Cox, F.W.K. Fink, D.B. Mc
Conwell, B. Rose, Conf. Nucl. Structure Study with Neutrons,
Antwerp 1965, P.81
" B5 G.J. McCallum, G.S. Mani, A.T.G.Ferguson, Nucl. Phys. 16,
313,1960
" B6 A. Bratenahl, J.M.Peterson, J.P. Stoering, Phys. Rev.
110, 927, 1958
" B7 J. Vervier, G. Deconninck, A. Martegani, Geneva Conf.
1758, Vol. 15,30
" B9 J.H. Coon, E.R. Graves, H.H. Barschal, Phys.Rev. 88,
562, 1952
" B10 L.S. Goodman, Phys. Rev. 88, 686, 1952

$\sigma(n,p)$

- Mo - B11 D.L. Allan, Nucl. Phys. 24,274, 1961
" B12 L. Colli, U. Facchini, I.Iori, M.G. Marcazzan, A.M. Soma,
Nuovo Cimento 12, 730, 1959
" B13 Wen-den Lu, N. Rana Kumar, R.W. Fink, Phys.Rev.C 1,358,1970
" B14 F. Nasyrov, Sov. At.En. 25, 1251, 1968
" B15 A.M. Bresesti, M. Bresesti, R.A. Rydin, Nucl. Sc.Eng.
29, 7 1967
" B16 D.G. Gardner, Nucl.Phys. A 96, 121, 1967
" B17 P. Cuzzocrea, INFN/Be-67/10, 1967
" B18 G. Rau, Nucleonic 9, 228, 1966
" B19 A. Fabry, J.P. Deworm, EANDC (E) 66 U, 125, 1966
" B20 J.W. Boldeman, J. Nucl. En. A/B 18, 417, 1969
" B21 E.T. Bramlitt, R.W. Fink, Phys. Rev. 131, 2649, 1963
" B22 C.H. Hogg, L. O. Weber, Proceedings of the Symposium on
Radiation Effects on Metals and Neutron Dosimetry,
Los Angeles 1962, P.133

- Mo - B23 P.Strohal, N.Cindro, B. Eman, Nucl.Phys. 30,49,1962
" B24 R.S. Rochlin, Nucleonics 17,1,54,1959
" B25 K.P. Gopinathan, Nucl.Phys.Symp.Madras 1962
" B26 C.E. Mellish, R.A. Payne, R.L. Otlet, AEREI/R 2630
" B27 J.C. Roy, AECL 877, 1959
" B28 P.Cuzzocrea, E. Perillo, S. Notarrigo, Nucl. Phys.
A 103, 616, 1967
" B29 G.E. Brown, Phil. Mag. 2, 473, 1957
" B30 E.B.Paul, R.L. Clarke, Can.J.Phys. 31,267, 1953
" B31 R.E.Cohen, Phys. Rev. 81,184, 1951
" B32 S.C. Gujrathi, S.K. Mukherjee, Nucl. Phys. 85,288,1966
" B33 A. Chatterjee, Nucl. Phys. 60,273,1964
" B34 E.T. Bramlitt, J. Inorg.nucl.chemistry 24,1317, 1967
" B35 P.Cuzzocrea, Datapoints received from CCDN/Saclay
" B36 V.N. Levkovskij, JETP 45, 305, 1963
" B37 J.Csikai, M. Buczko, Z. Bödy, A. Bemeny, At.En.Rev. 7,4,
93, 1969

$\sigma(n,\alpha)$

- Mo - B13 Wen den Lu, N. RanaKumar, R.W. Fink, Phys. Rev. C1,358,1970
" B17 P. Cuzzocrea, Inst.Fisica Nucleare, Florence, Rep. /Be-67 10,
1967
" B18 G. Rau, Nucleonic 9, 228,1966
" B21 E.T. Bramlitt, R.W. Fink, Phys.Rev. 131, 2649, 1963
" B23 P.Strohal, N.Cindro, B. Eman, Nucl.Phys. 30,49,1962
" B24 R.S. Rochlin, Nucleonics 17, 1,54,1959
" B26 C.E. Mellish, R.A. Payne, R.L.Otlet, AERE I/R 2630
" B27 J.C. Roy, AECL 877, 1959
" B28 P.Cuzzocrea, E. Perillo, S. Notarrigo, Nucl. Phys. A 103,
616, 1967
" B34 E.T. Bramlitt, J. inorg. nucl.chem. 24,1317,1962
" B35 P. Cuzzocrea, Datapoints received from CCDN/Saclay
" B36 V.N. Levkovskij, JETP 45, 305, 1963
" B77 P. Cuzzocrea, Nucl. Phys. 55, 364, 1964
" B78 U. Facchini, Nucl. Phys. 51, 460, 1964
" B79 D.G. Gardner, Ju-Wen Ju, Nucl. Phys. 60 (1964),49
" B80 N.J. Freeman, J.F. Barry, N.L. Campbell, Journal of
Nuclear Energy 23, 713,1969

$\sigma(n, 2n)$

- Mo - B13 Wen-den Lu, N.Rana Kumar, R.W. Fink, Phys.Rev.C1, 358, 1970
- " B28 P.Cuzzocrea, E. Perillo, S. Notarrigo, Nucl.Phys. A 103, 616, 1967
- " B35 P. Cuzzocrea, Datapoints received from CCDN/Sacclay
- " B49 P.P.Lebedev, In.A.Zyrin, In.S.Klintsov, D.B.Stribowski, Sov. J.At.En. 5, 1431, 1958
- " B50 Benneviste, IAEA Geneva, Conf. 1958, Vol. 15, 3
- " B51 J. Karolyi, J. Csikai, G.Petö, Nucl. Phys. A 122, 234, 1968
- " B52 B. Minetti, A. Pasquarelli, Nucl. Phys. A 118, 449, 1968
- " B53 Curcio, Nuovo Cimento 54 B, 319, 1968
- " B54 J.Csikai, Mag.Fiz.Fol 16, 123, 1968
- " B55 J.Csikai, G. Petö, Acta Phys. Hung. 23, 87, 1967
- " B56 P. Decowski, INP-543, 28, 1967
- " B57 R. Prasad, D.C. Sarkar, Nucl.Phys. A 94, 476, 1967
- " B58 S. Pearlstein, Nucl.Sc.Eng. 23, 238, 1965
- " B59 J.Csikai, Antwerp Conf. 1965, P.102
- " B60 J.Basö, J.Csikai, A. Pazsit, Acta. Phys. Hung. 18, 295, 1965
- " B61 H. Bormann, Nucl. Phys. 65, 257, 1965
- " B62 E.T. Bramlitt, R.W. Fink, Phys.Rev. 131, 2649, 1963
- " B63 Singh, Sympos. Nucl. Phys, Bombay Feb.1963, P.232
- " B64 M. Cevolani, S. Petralia, Nuovo.Cimento 26, 1328, 1962
- " B65 P. Strohal, N. Cindro, B. Eman, Nucl.Phys. 30, 49, 1962
- " B66 L.A. Rayburn, Phys.Rev. 122, 168, 1961
- " B67 Yasumi, J.Phys.Soc. Japan 12, 443, 1957
- " B68 E.B.Paul, R.L. Clarke, Can.J.Phys. 31, 267, 1953
- " B69 Brolley et.al. Phys.Rev.89, 877, 1953
- " B70 J.E. Brolley, J.L. Fowler, L.K. Schlacks, Phys. Rev. 88, 618, 1952
- " B71 P. Decowski, Tokyo Conf. 1967, 366
- " B72 N. Ranakumar, Data received from CCDN/Sacclay
- " B73 C.S. Khurana, H.S. Hans, Nucl. Phys. 28, 560, 1961
- " B74 P. Decowski, Inst.Nucl.Res, Warschau, Rep. 1105, 1969
- " B75 D. Crumpton, A.J. Cox, P.N. Cooper, P.E. Francois, S.E. Hunt, J. inorg. nucl. chem. 31, 1, 1969
- " B76 A.Adam, L. Jéki, Acta. Phys. Hung. 26, 3, 35, 1969

$\sigma(n, np)$

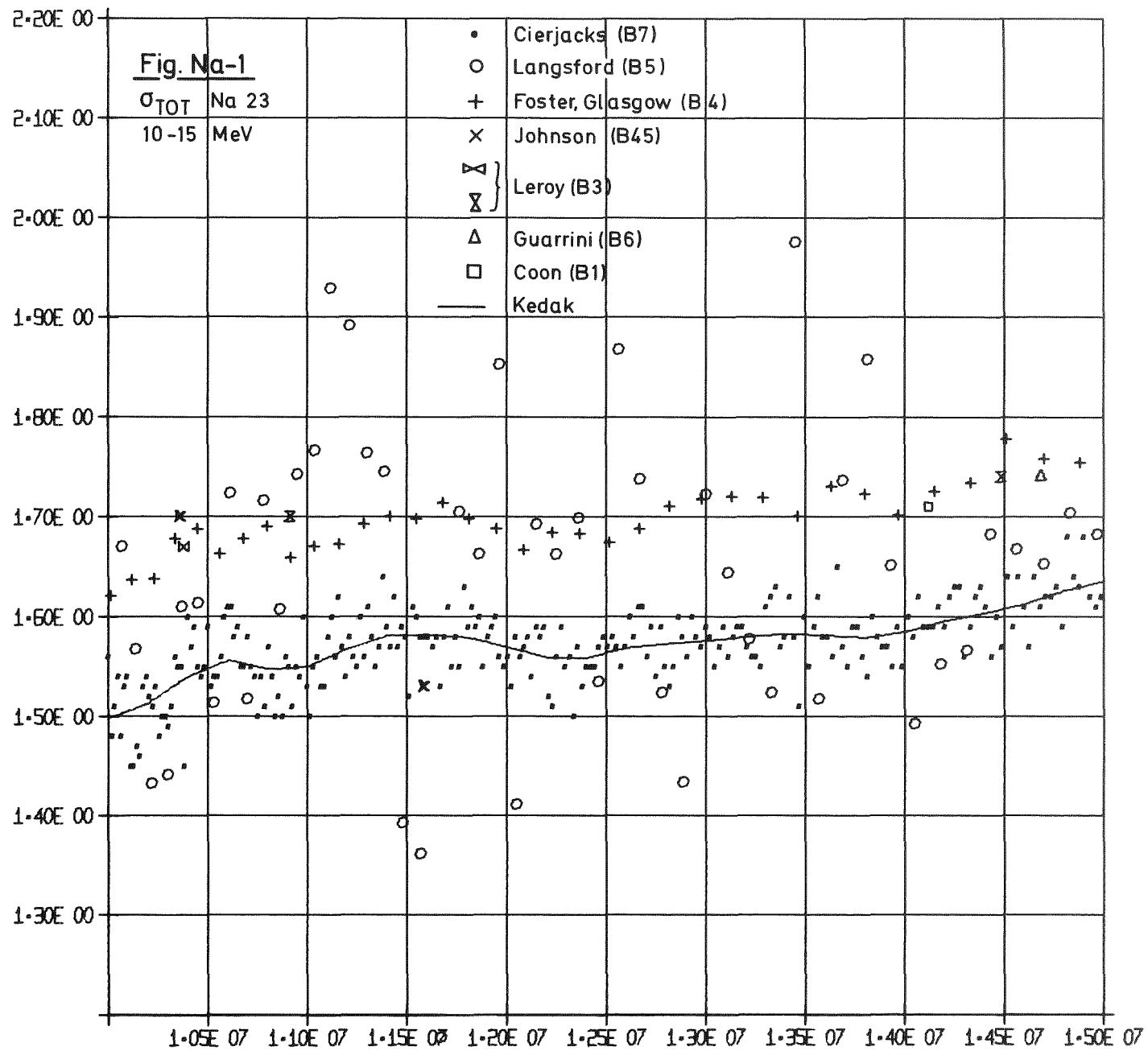
- Mo - B21 E.T. Bramlitt, R.W. Fink, Phys. Rev. 131,2649 , 1963
" B81 L. Colli, U. Facchini, I.Iori, M.G. Marcazzan,
A.M. Soma, Nuovo Cimento 13,730,1959

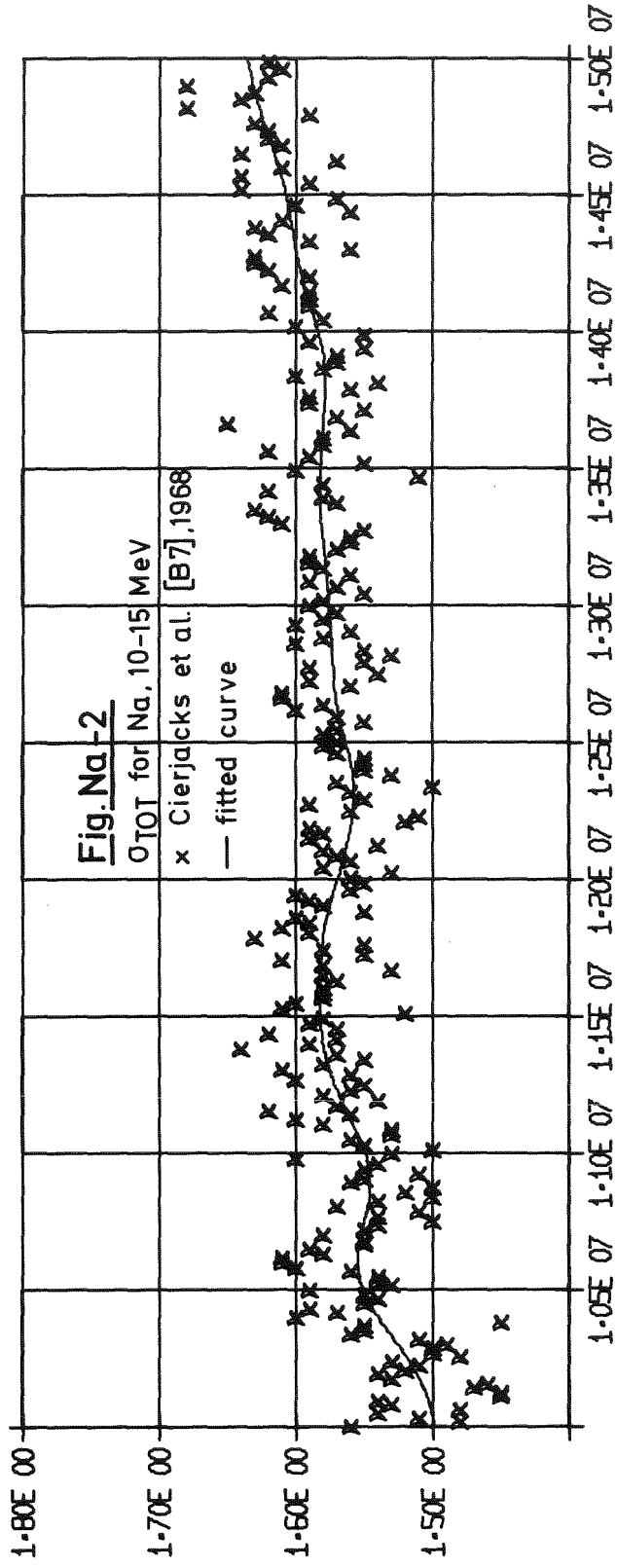
$\sigma(n, \gamma)$

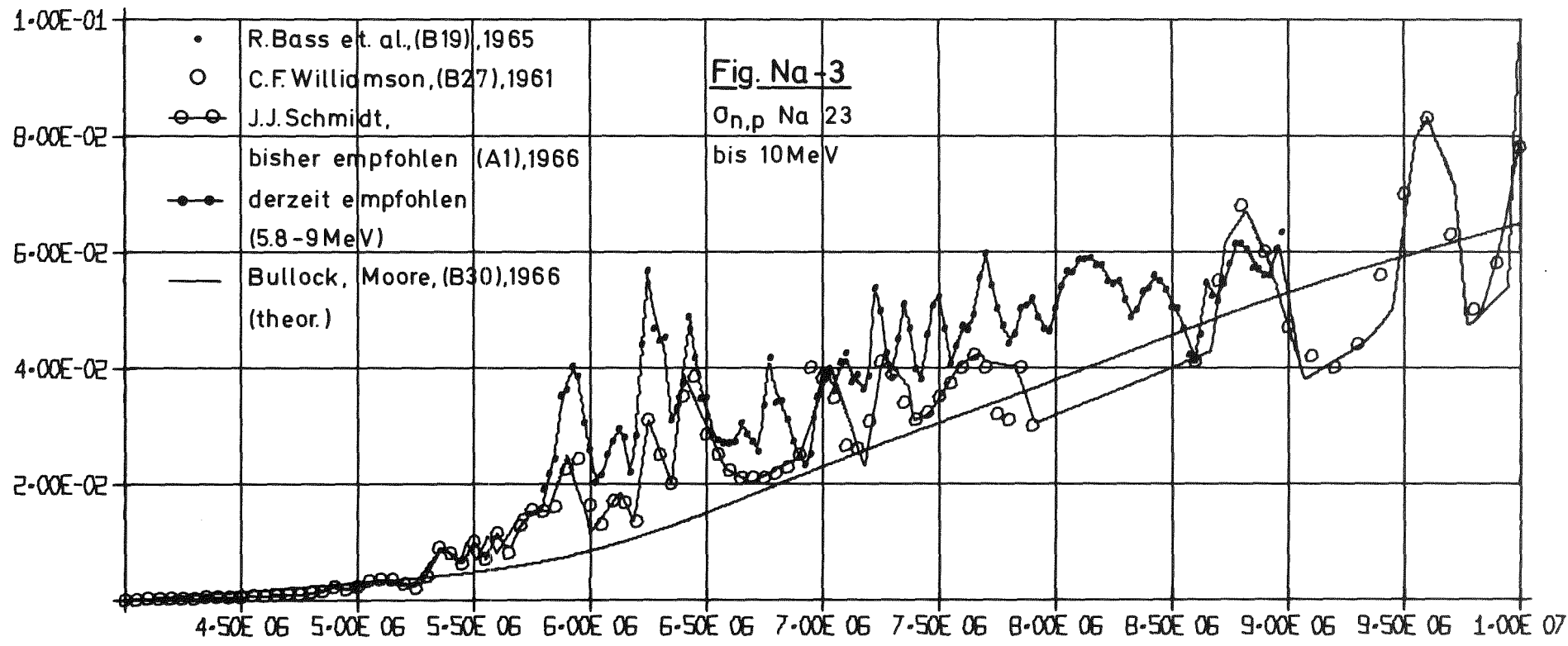
- Mo - B37 J. Csikai et.al., At.En.Rev. 7,4,93,1968
" B38 A.G. Dovbenko, V.A. Tolstikov, V.E. Kolesov, V.P.Koroleva,
Sov.J.At.En. 26,67,1969
" B39 G. Petö, Z. Miligy, I. Hunyadi, J.Nucl. En, 21,797,1967
" B40 D.C. Stupegia, M. Schmidt, C.R. Keedy, A.A.Madson,
J.Nucl. Energy 22,267,1968
" B41 D.C. Stupegia et.al., ANL 7105,1965
ANL 6543,1962
ANL 6477,1961
ANL 6413,1961
" B42 V.A. Tolstikov, Yu, Jo. Staviskii, AEC-TR-4680,1962
" B43 A.E. Johnsrud, M.G. Silbert, H.H. Barschall, Phys.Rev.
116, 927, 1959
" B44 A.I. Leipunsky et.al., Geneva Conf. 1958,Vol.15,50
" B45 M.V. Pasechnik, et.al. Geneva Conf. 1958,Vol.15,18
" B46 V.A. Tolstikov, Sov.J.At.En. 17,505, 1964
" B47 V. Benzi, G. Reffo, 1969, unpublished
" B48 V. Benzi, G. Reffo, G.C. Panini, M.Vaccari, C.N.E.N. Centro
de Calcolo, Report CEC-2, 1970

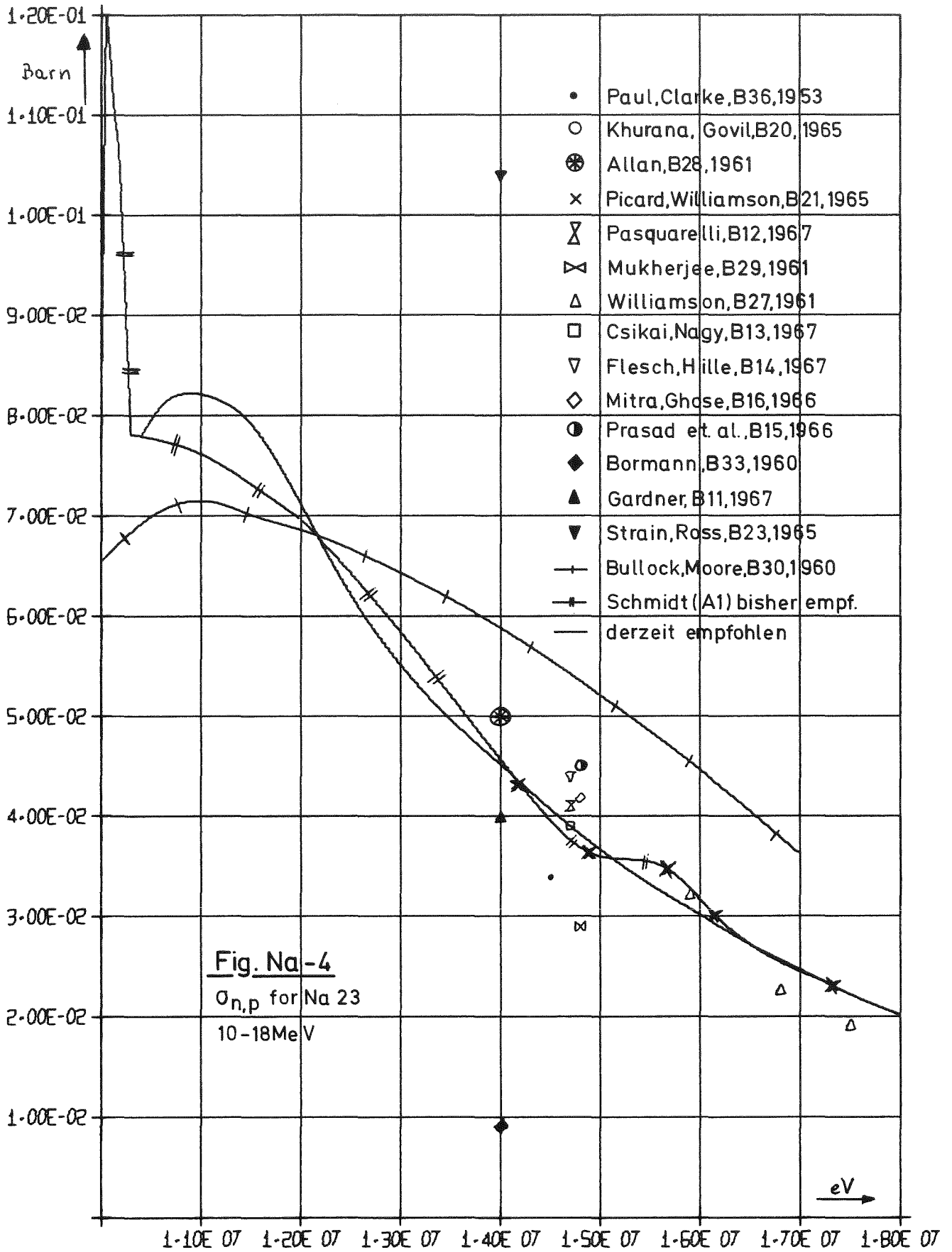
$\sigma(n, n), \sigma(n, n'), \sigma_x$

- Mo - B82 R.L. Cassola, R.D. Koshel, Nuovo Cimento 53,2B,363
" B83 M.K. Machwe, Physica 28, 1011,1962
" B84 V.I. Strizhak, JET 41, 313, 1961 = JETP 14,225,1962
" B85 F. Bjorklund, S. Fernbach, UCRL-4926 T-Rev. 1957
" B86 P.P. Lebedev, In.A.Zysin, In.S.Klintsov, B.D. Stsiborskii,
Sov.J.At. Energy 5,1431,1958
" B87 J.T. Prud'homme, I.L. Morgan, J.H. McCrary, Y.B.Ashe,
O.M. Hudson, AFSWC-TR-60-30, 1960
" B88 S.C. Mathur, P.S. Buchanan, I.L. Morgan, NDL-TR-86,1967

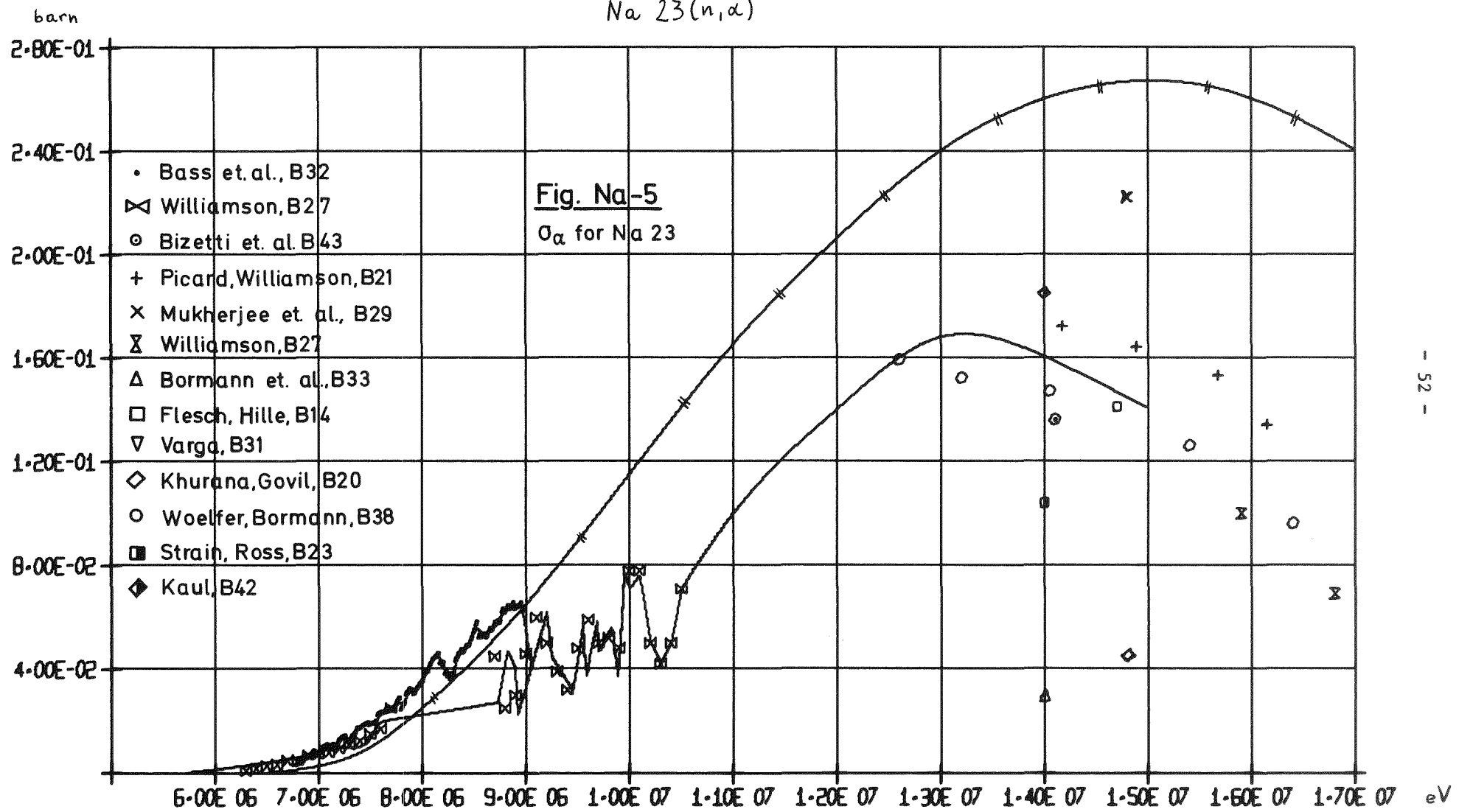


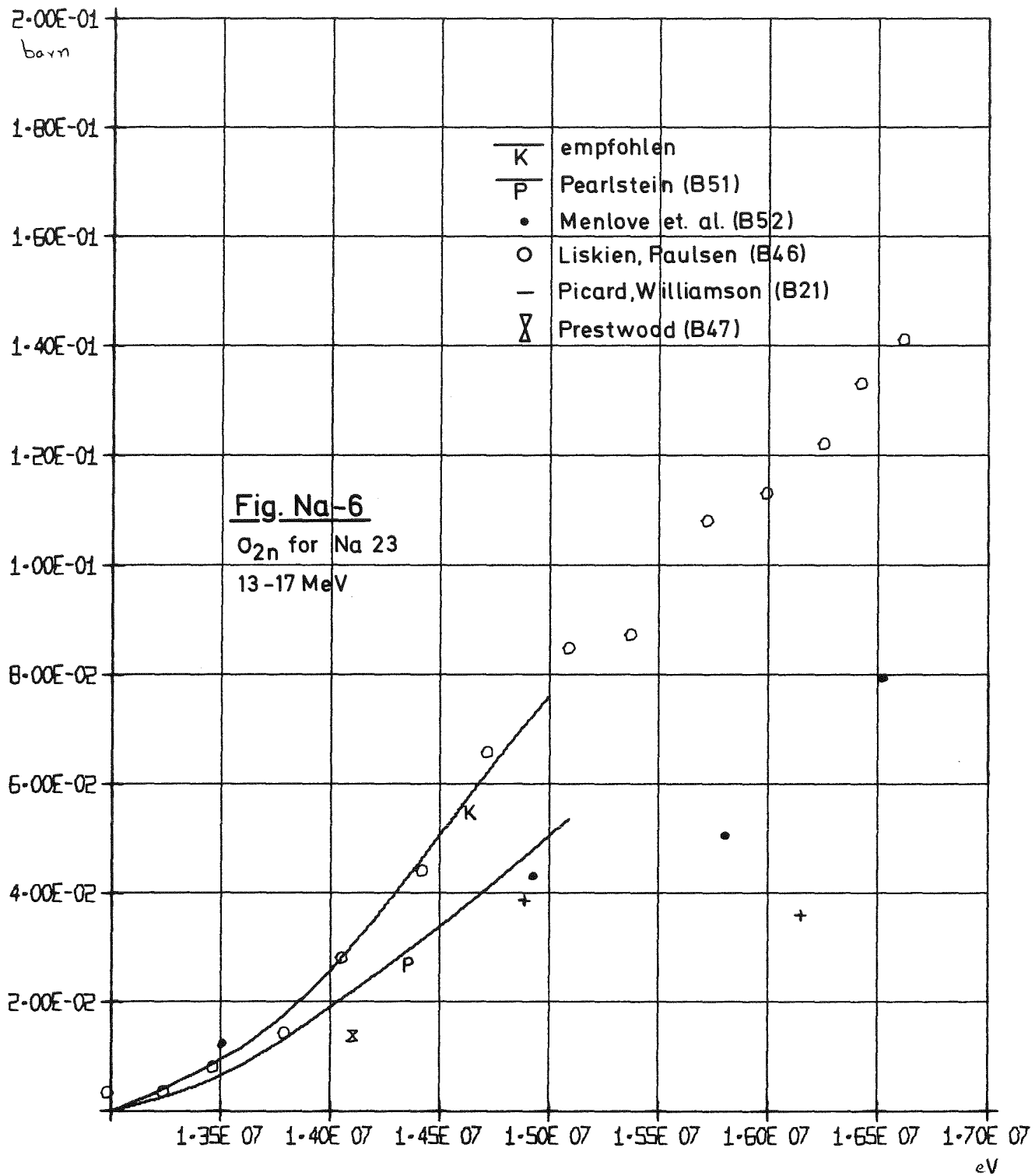


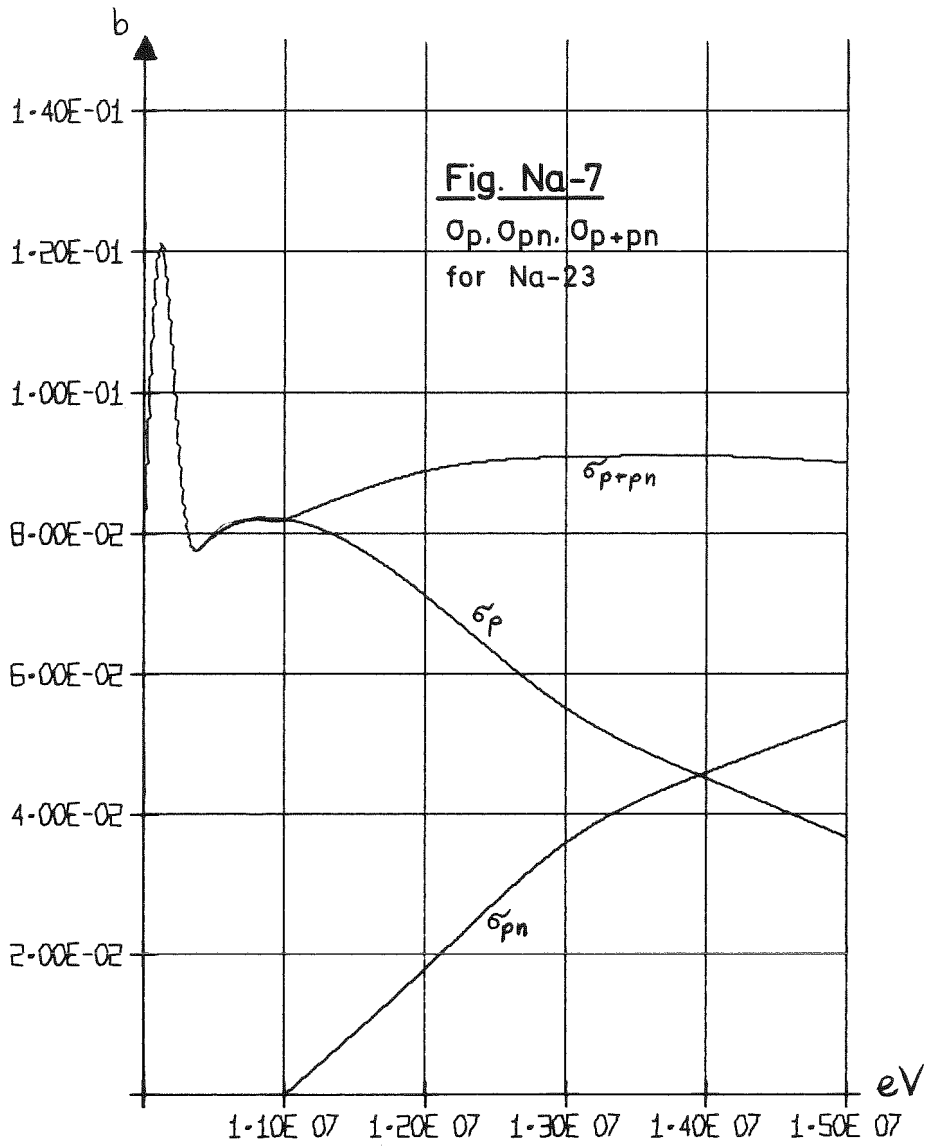


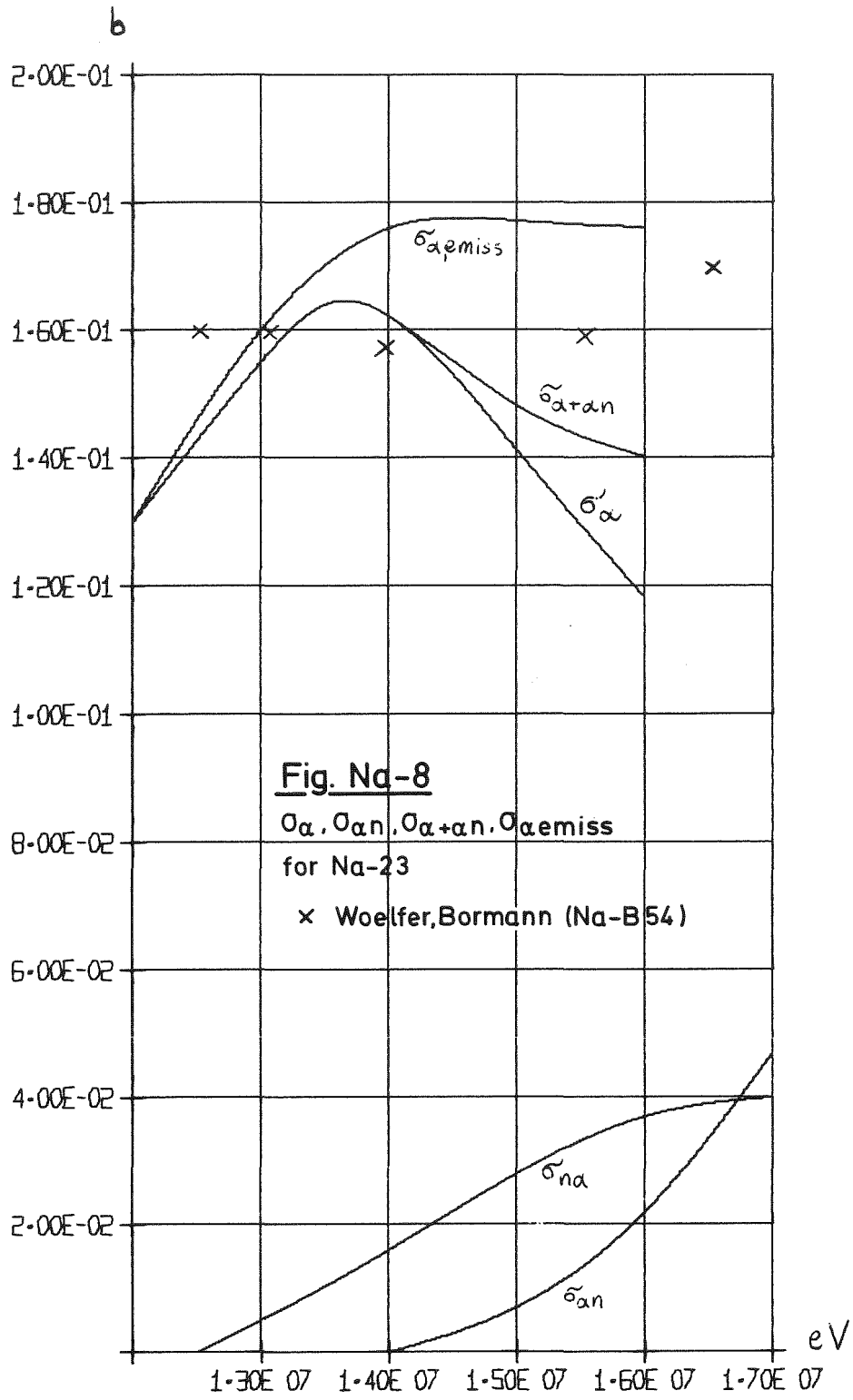


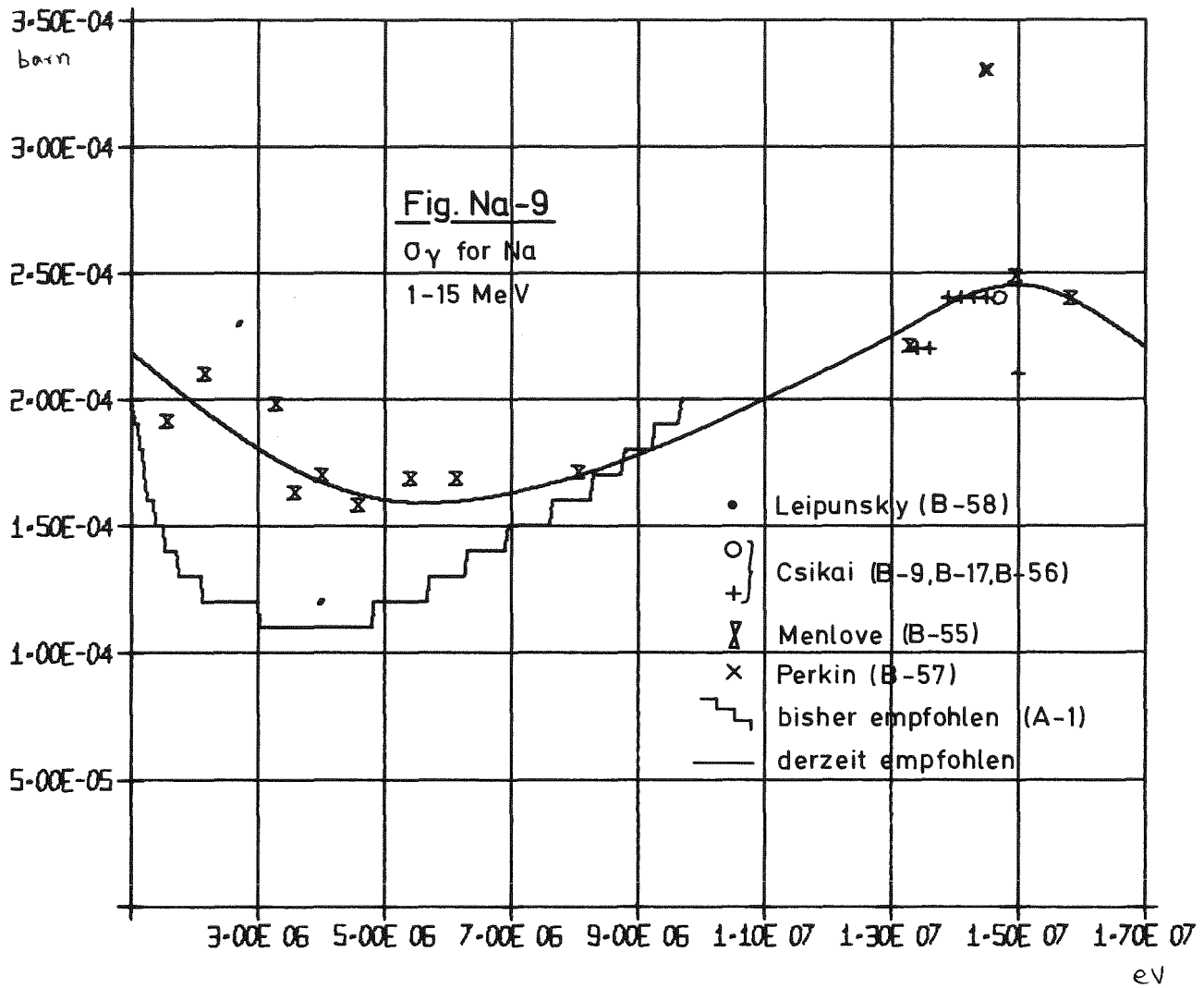
Na 23(n,α)

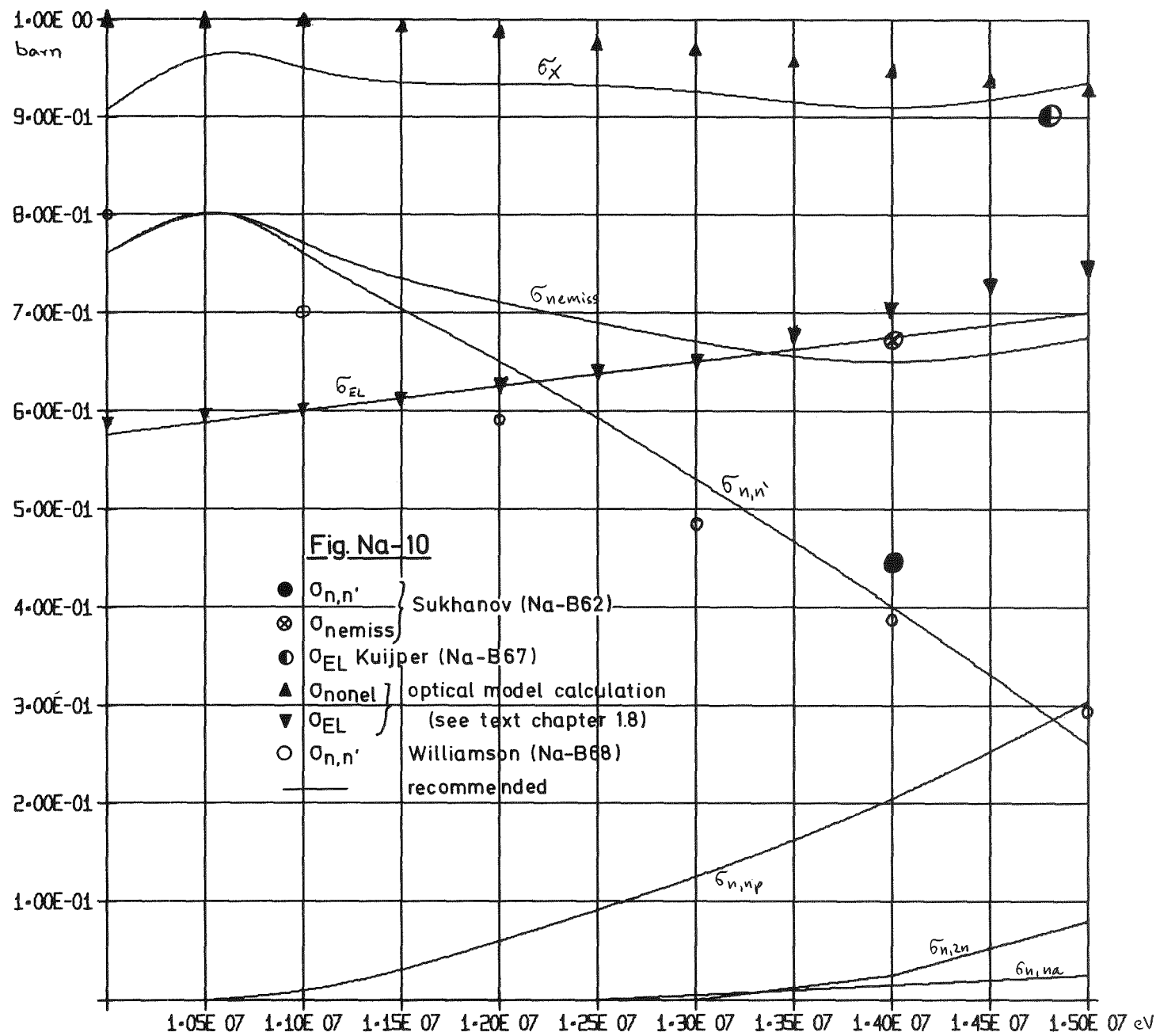


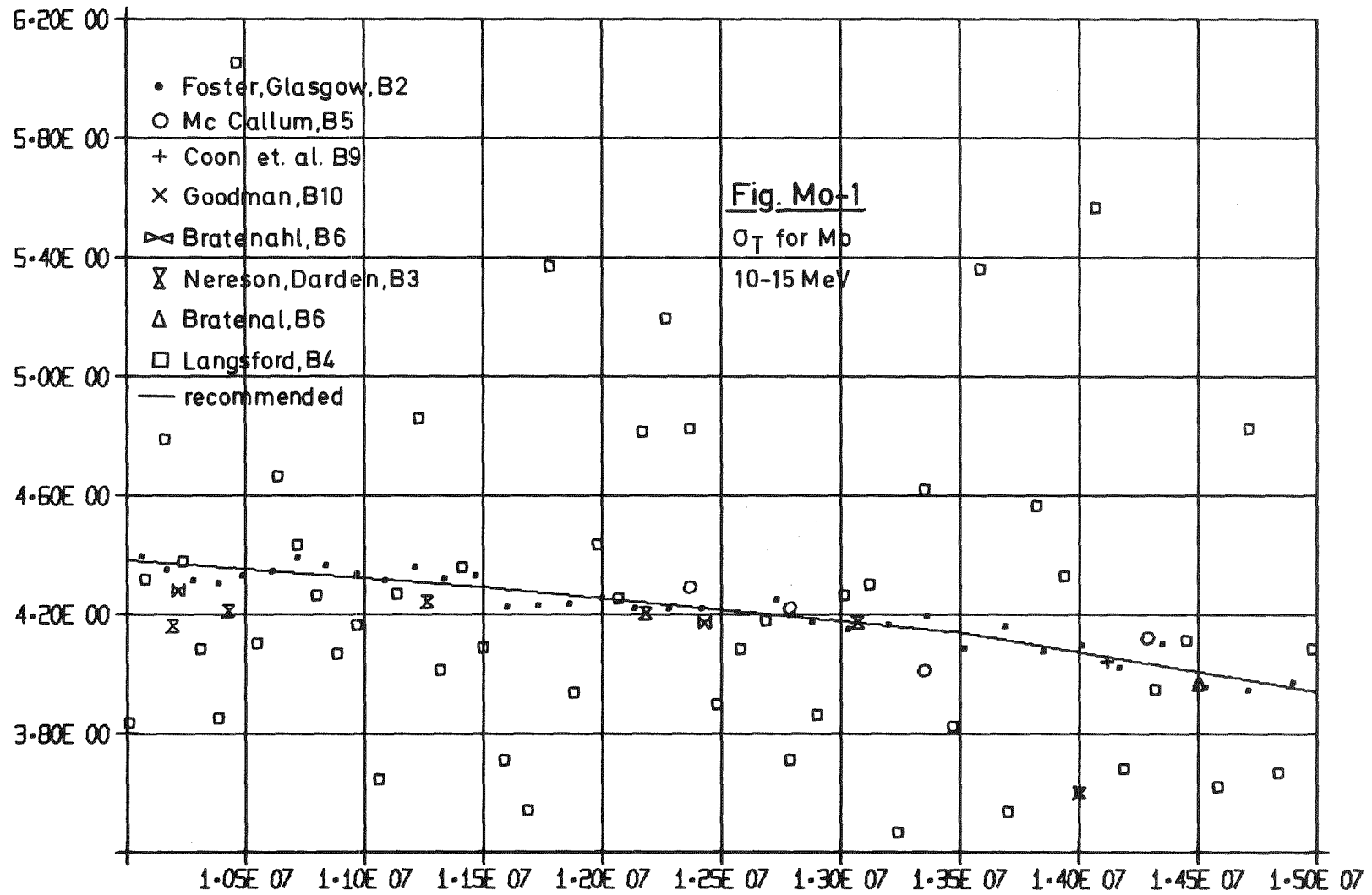


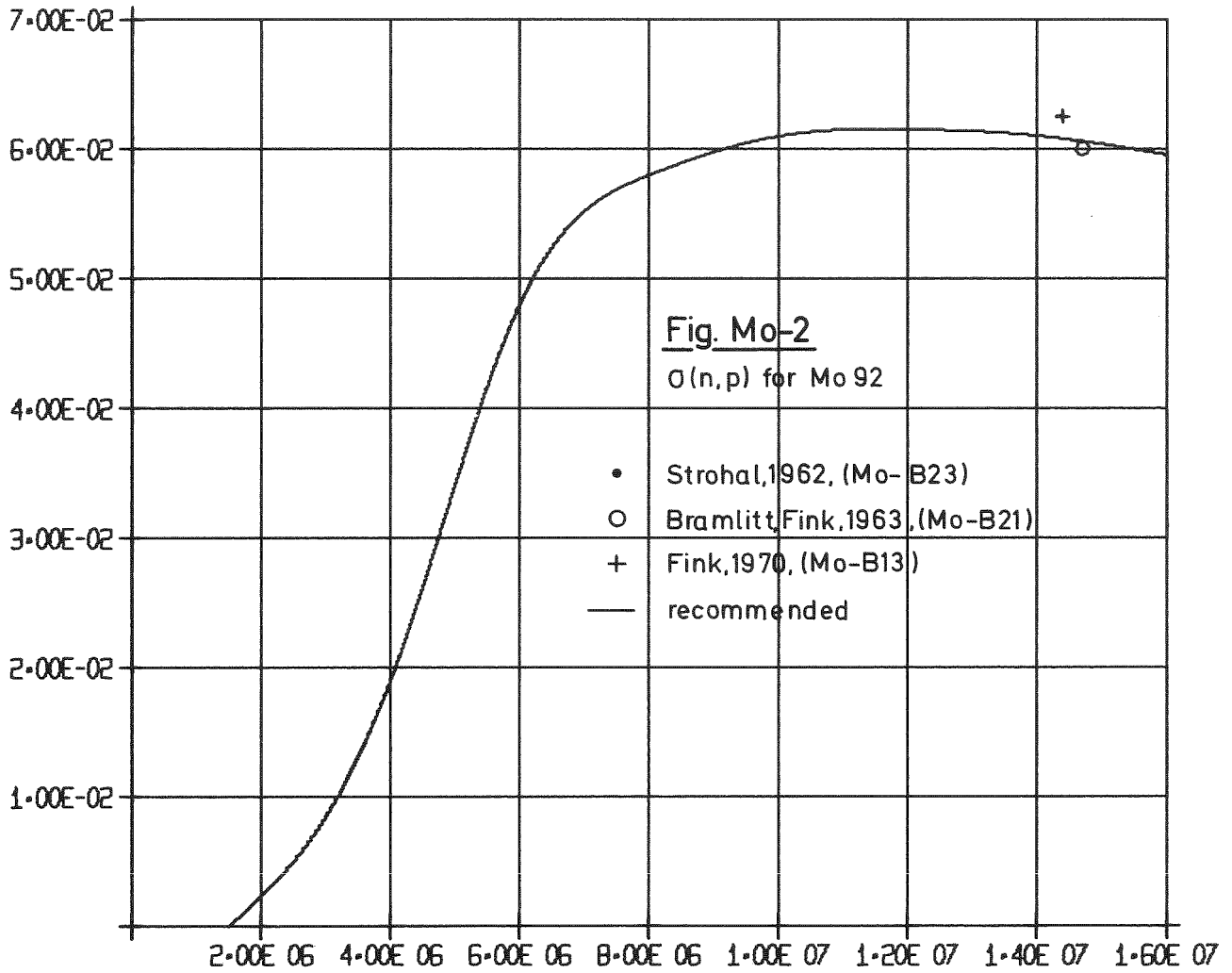


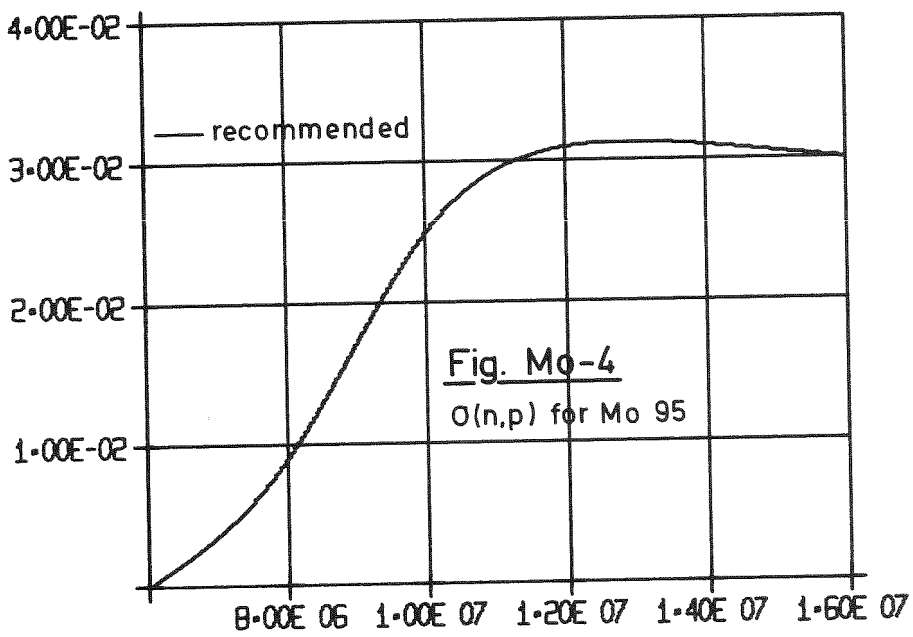
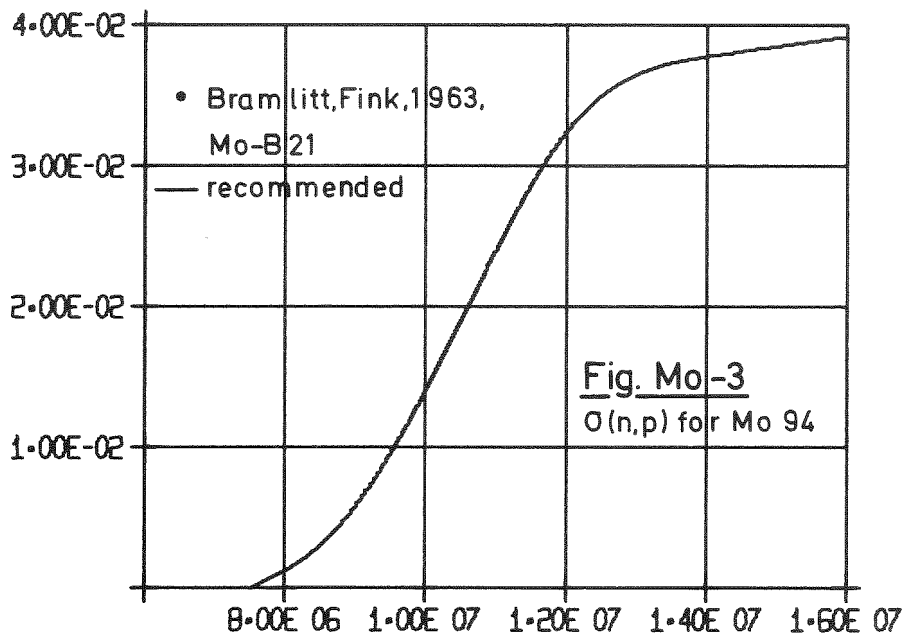


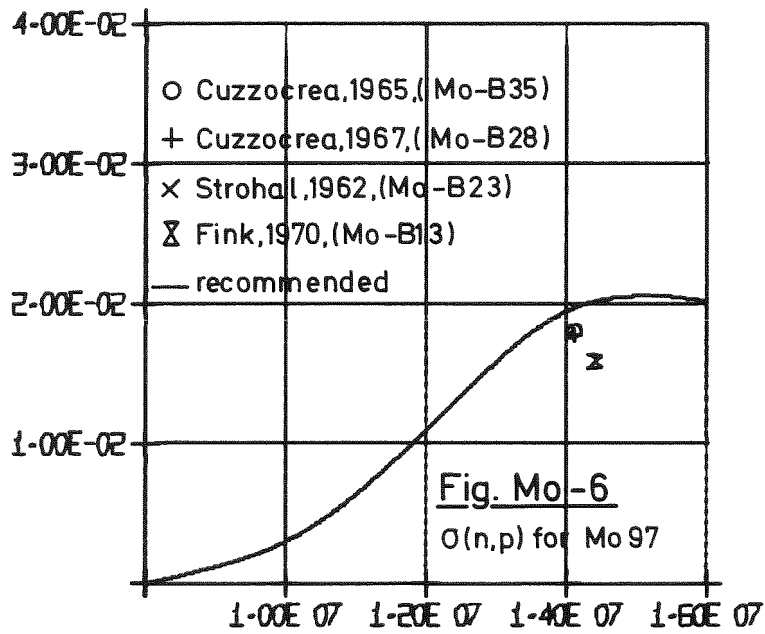
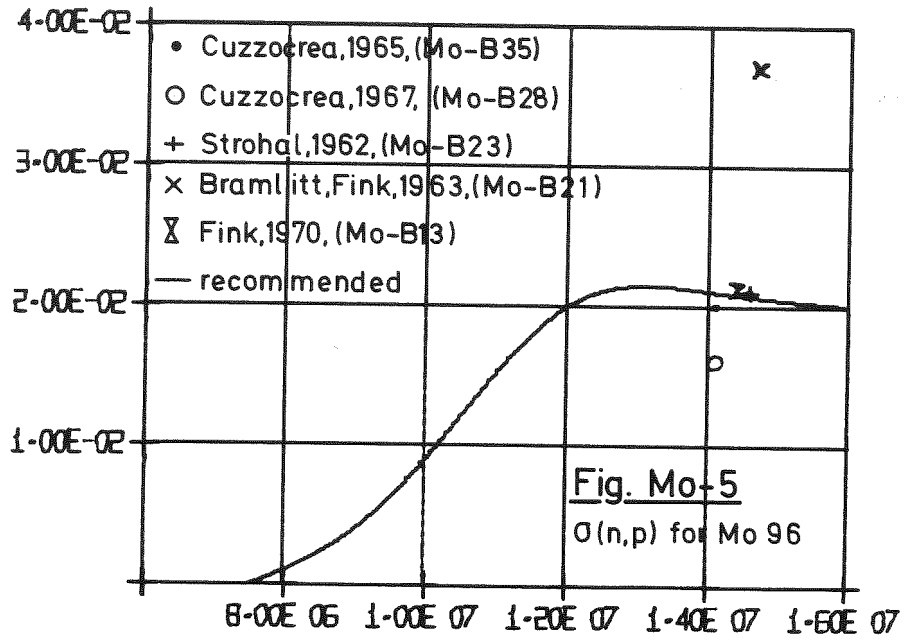












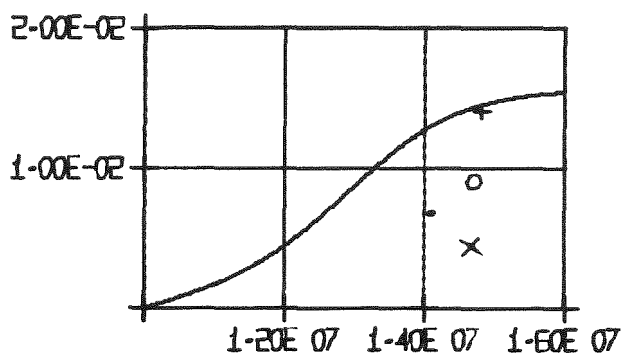
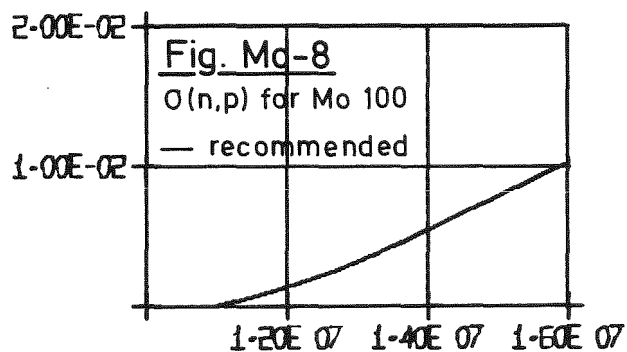


Fig. Mo-7

$O(n,p)$ for Mo 98

- Cuzzocrea, 1967 (Mo-B28)
- Bramlitt, Fink, 1963 (Mo-B21)
- + Gujrathi, 1966 (Mo-B32)
- × Fink, 1970 (Mo-B13)

— recommended



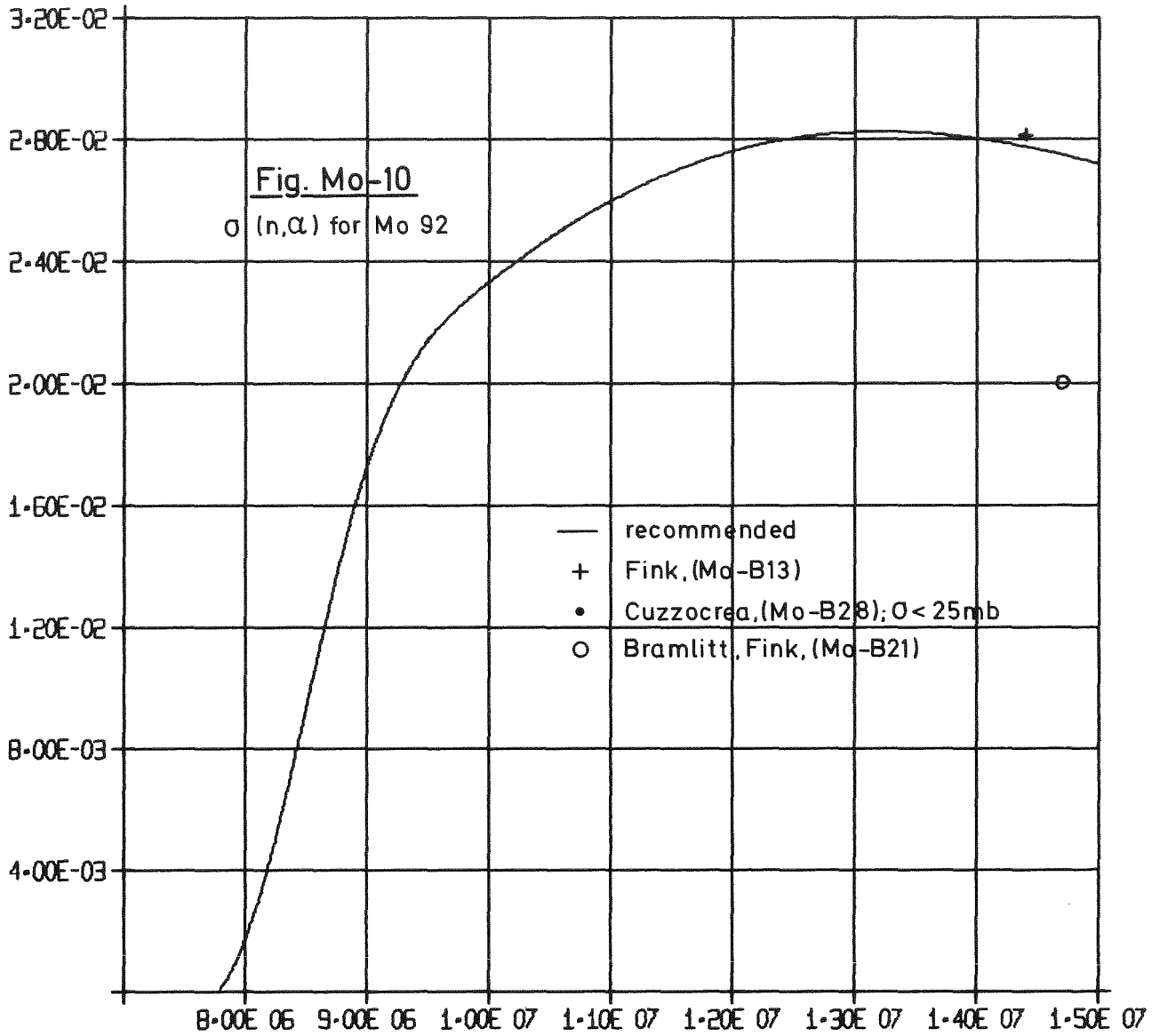


ABB-00001

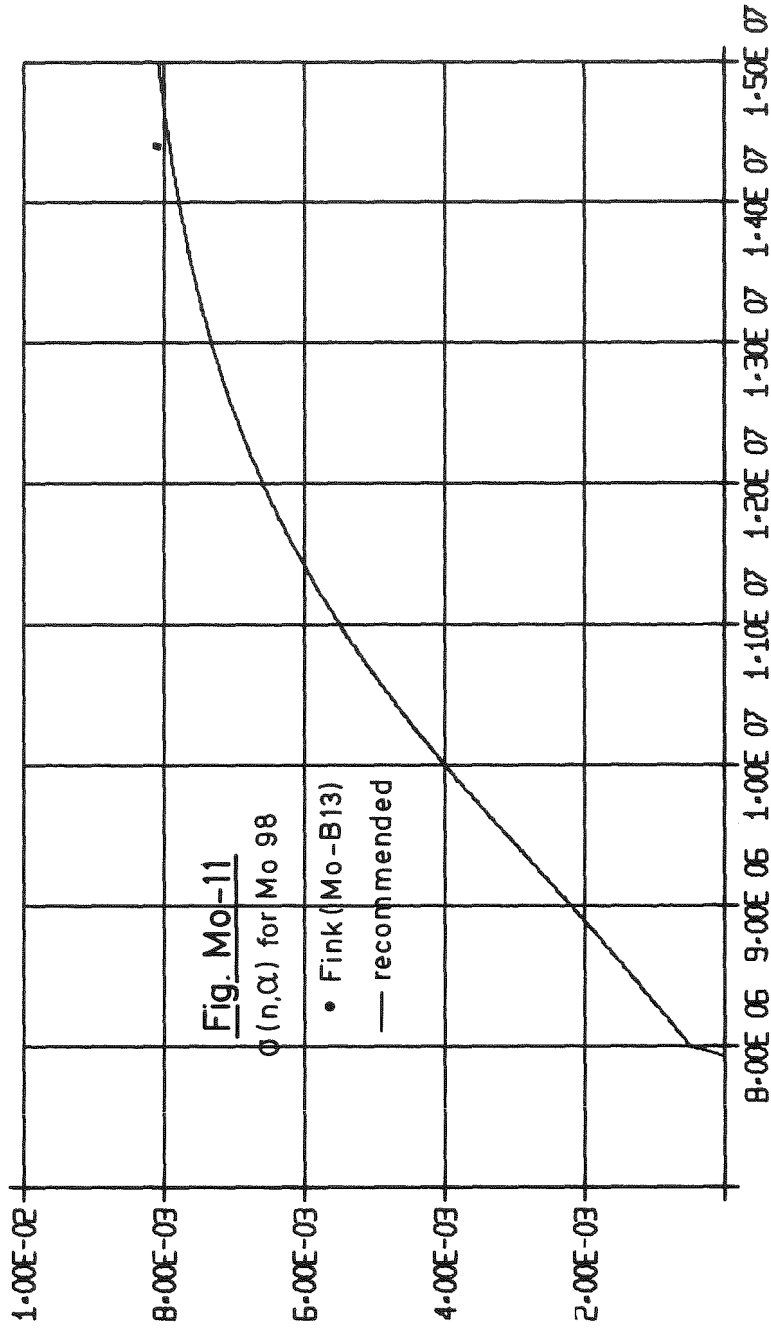
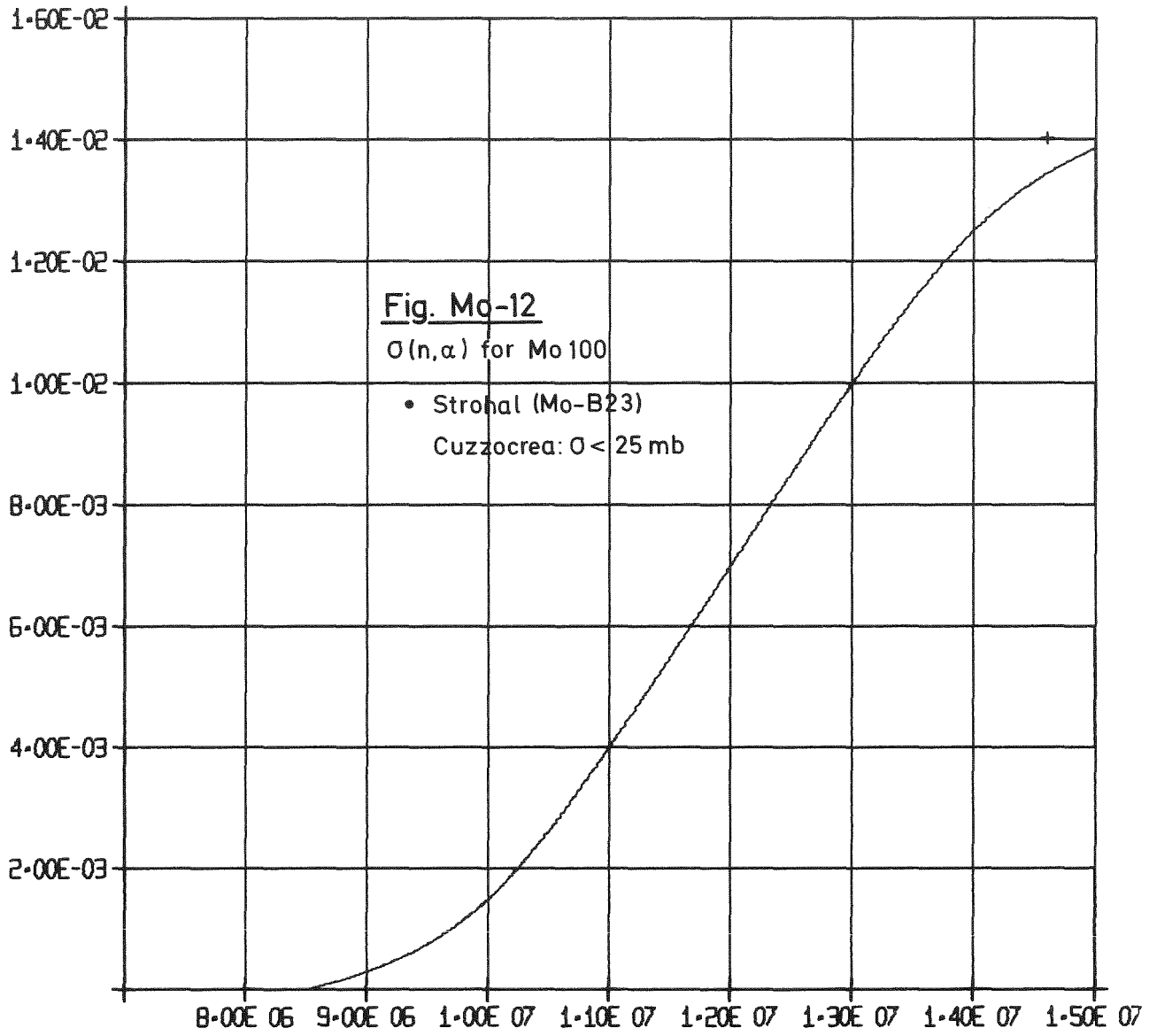
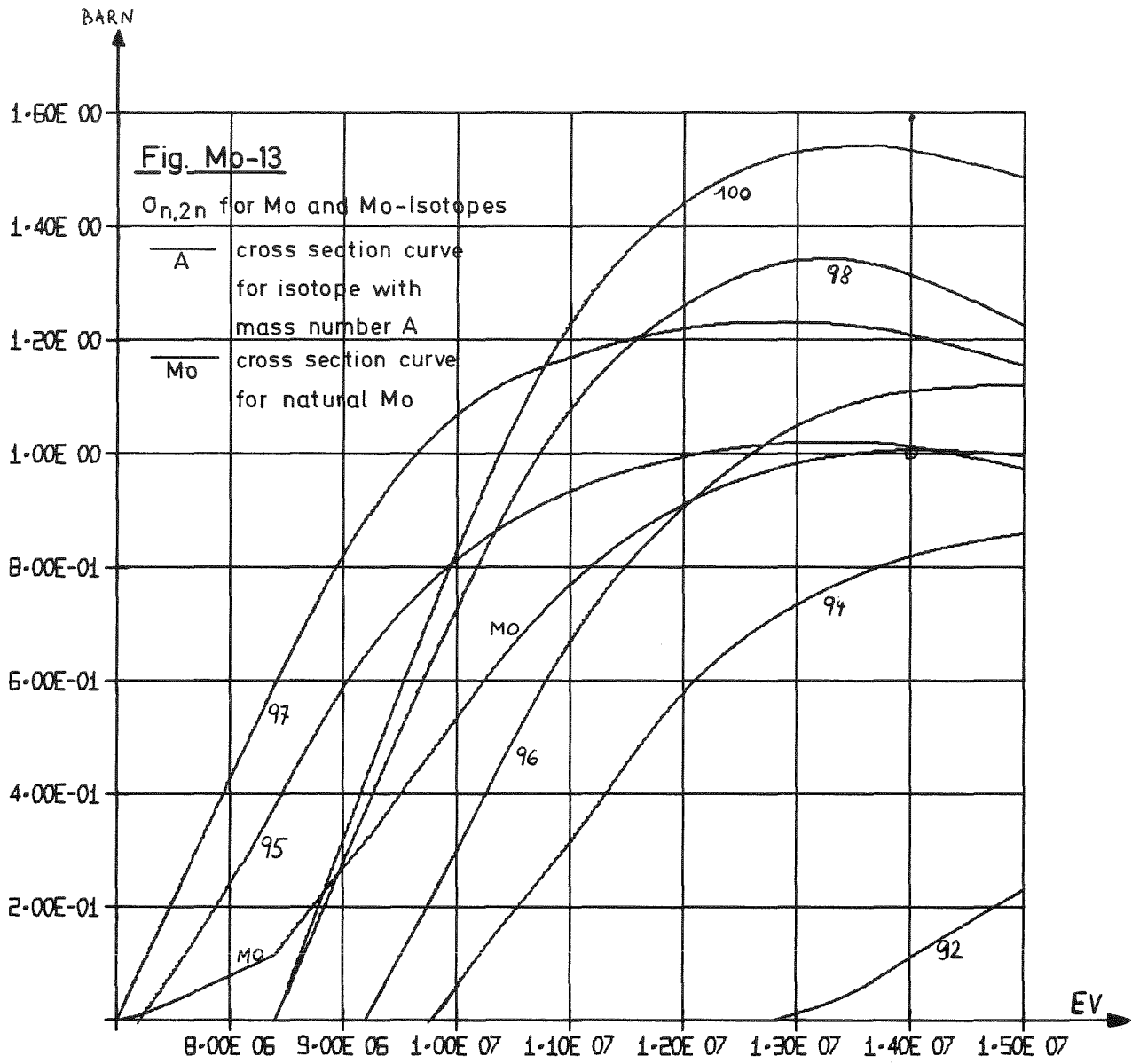
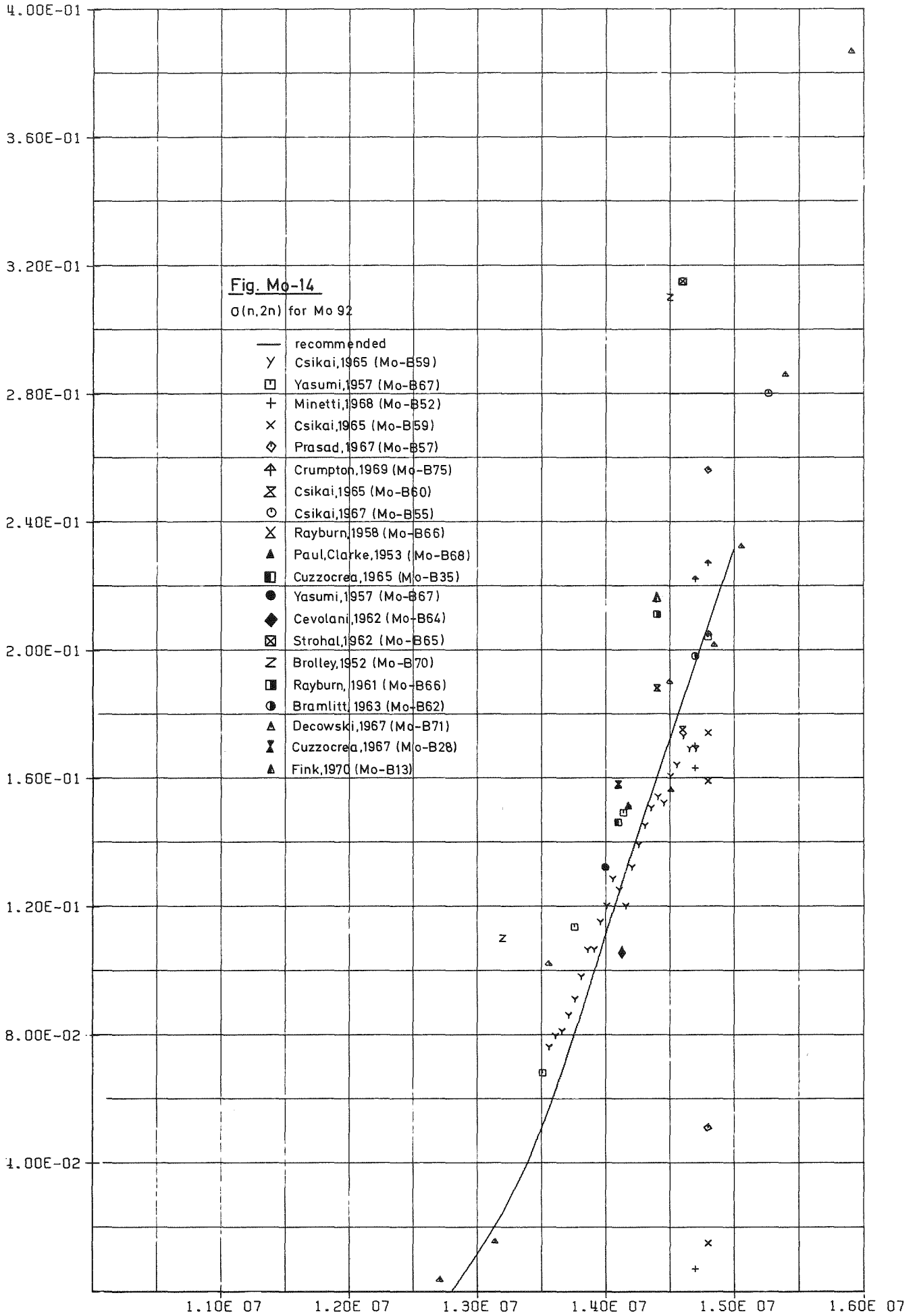
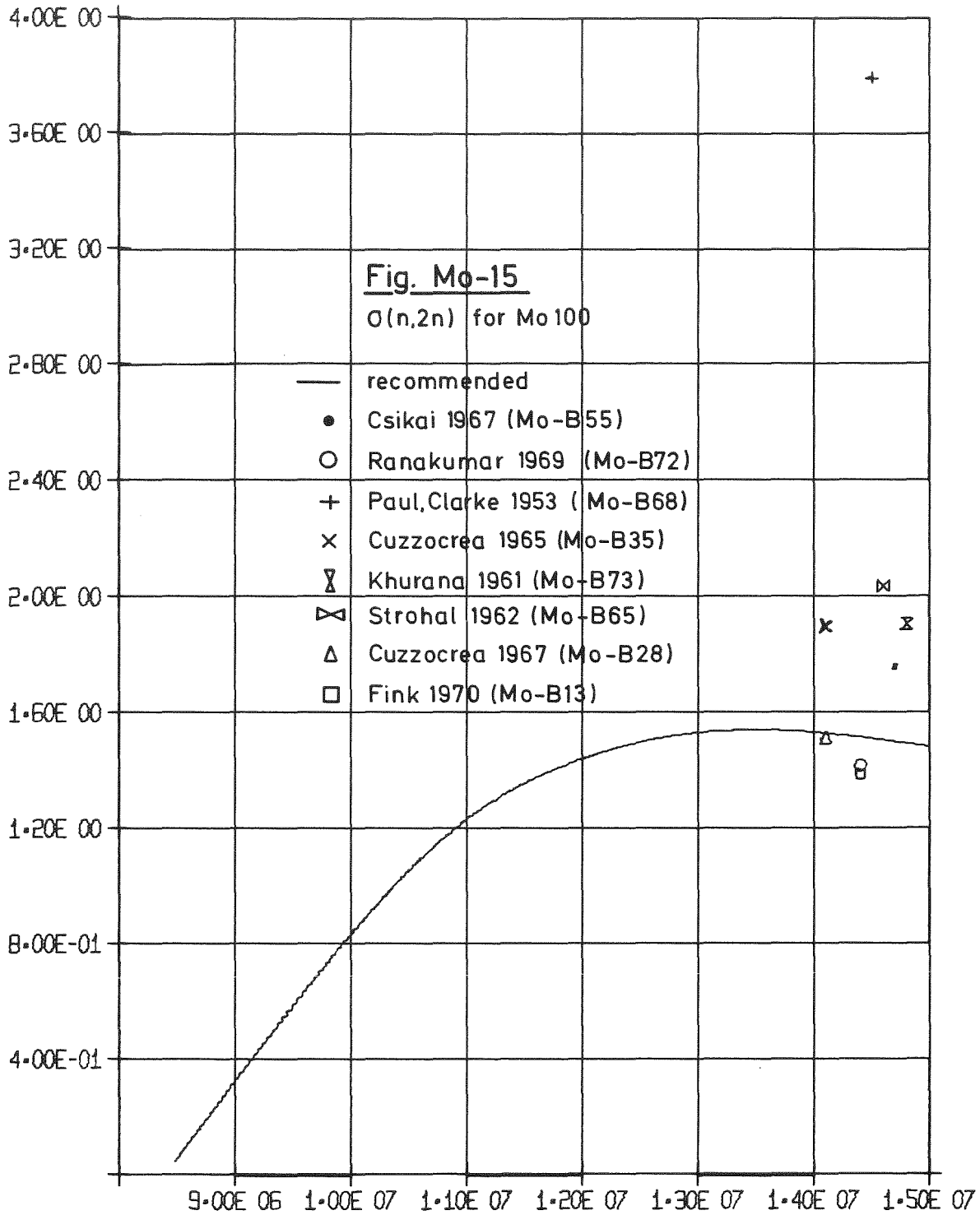


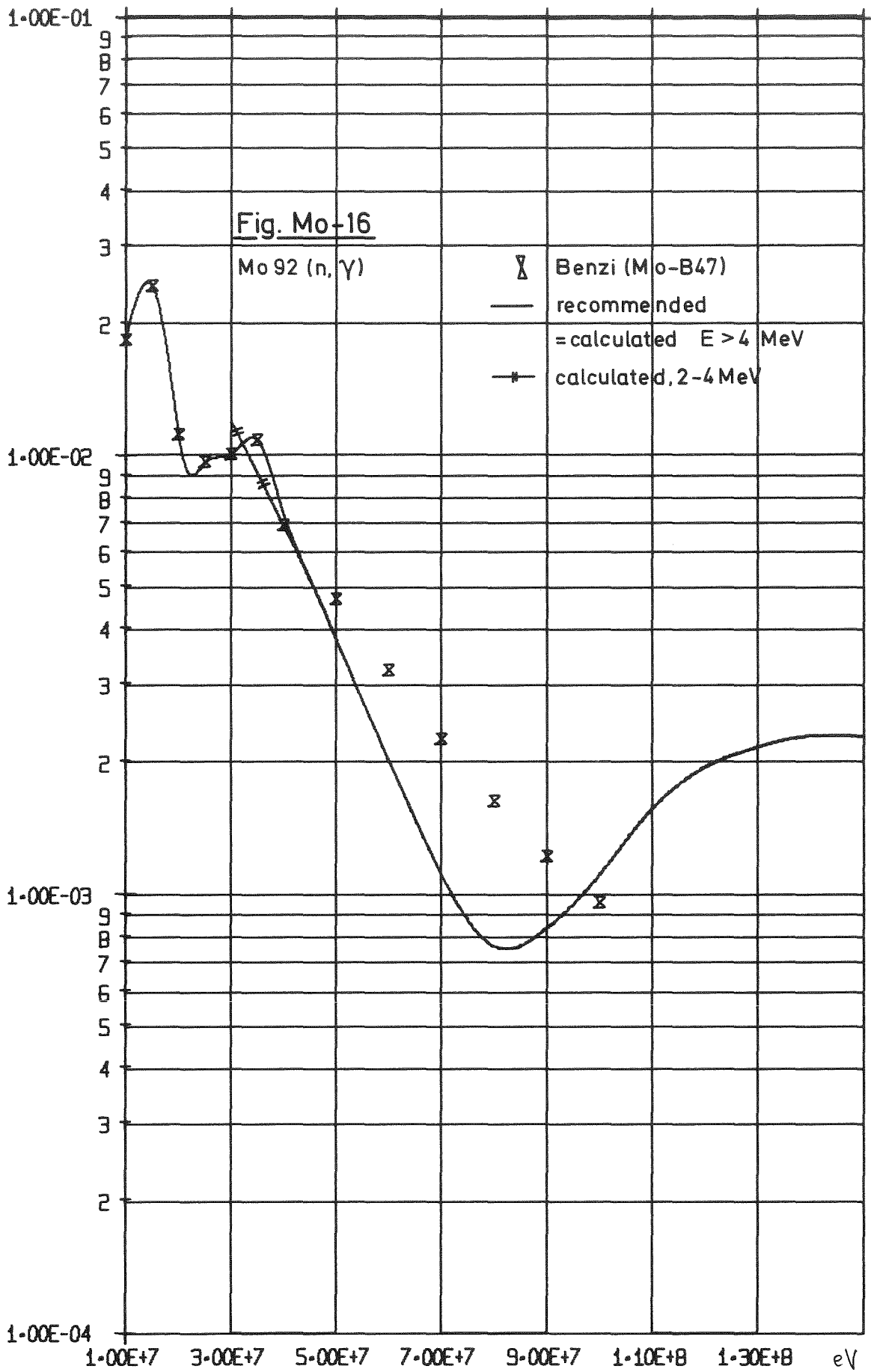
ABB-00002

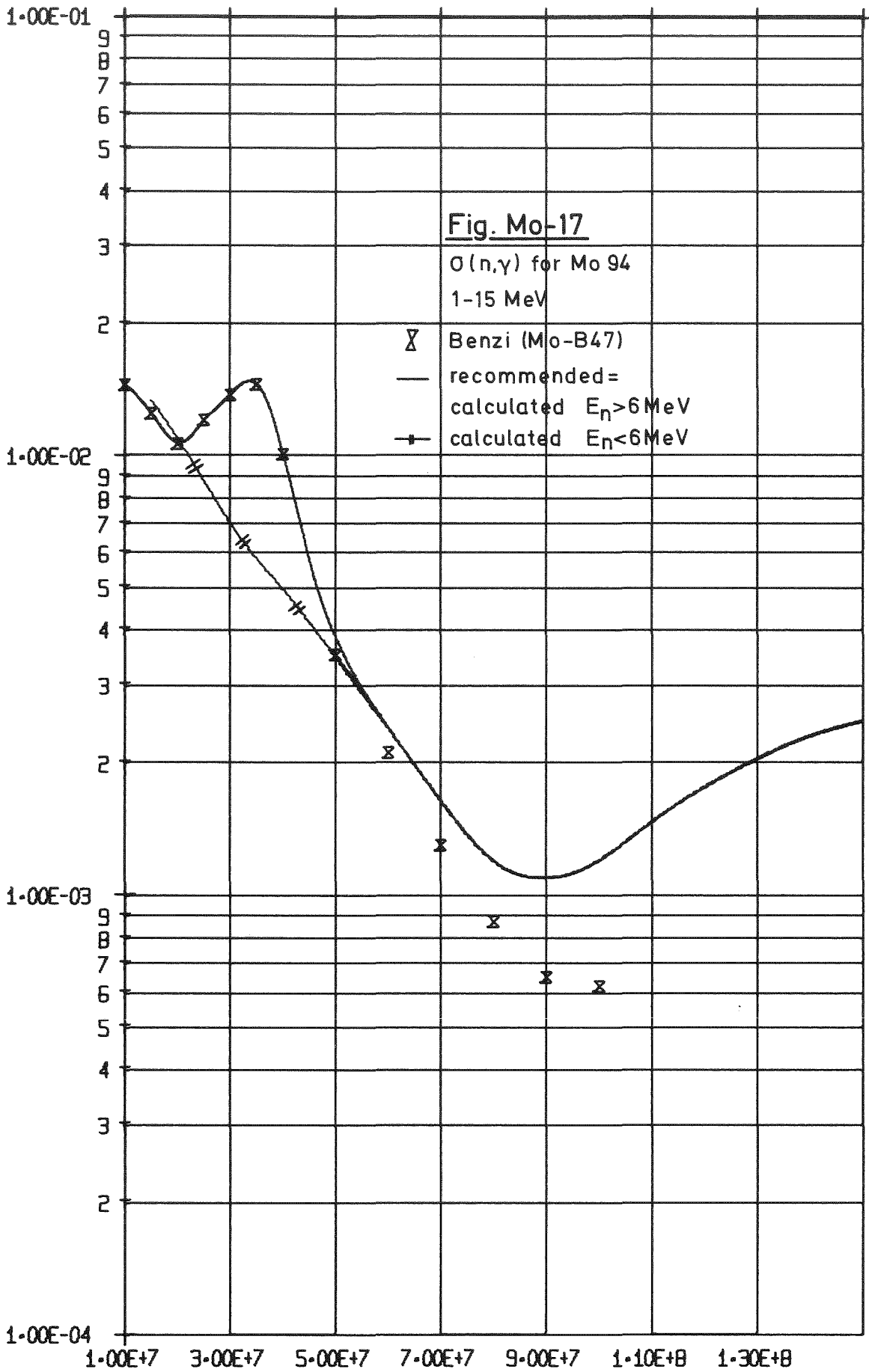


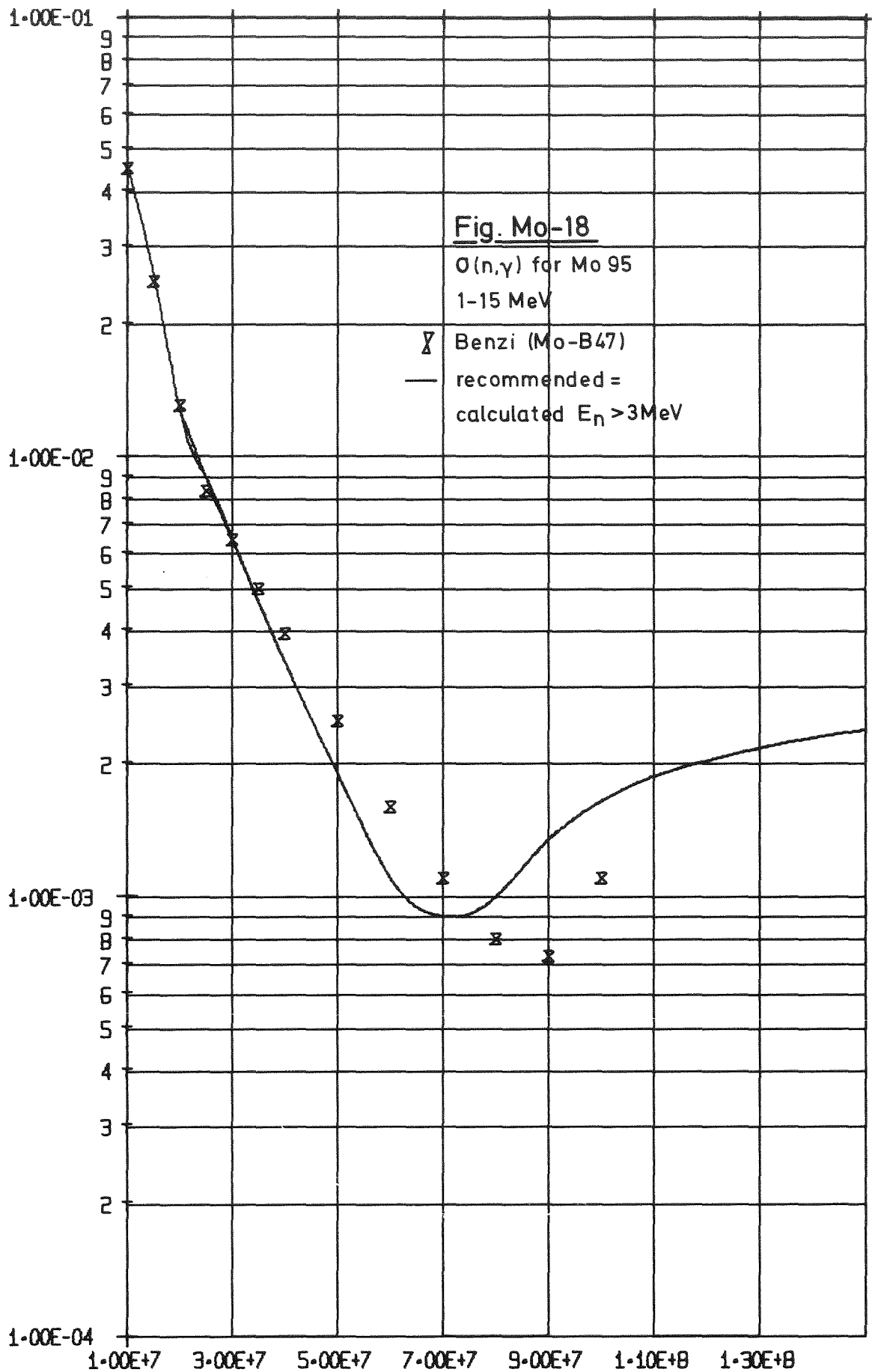


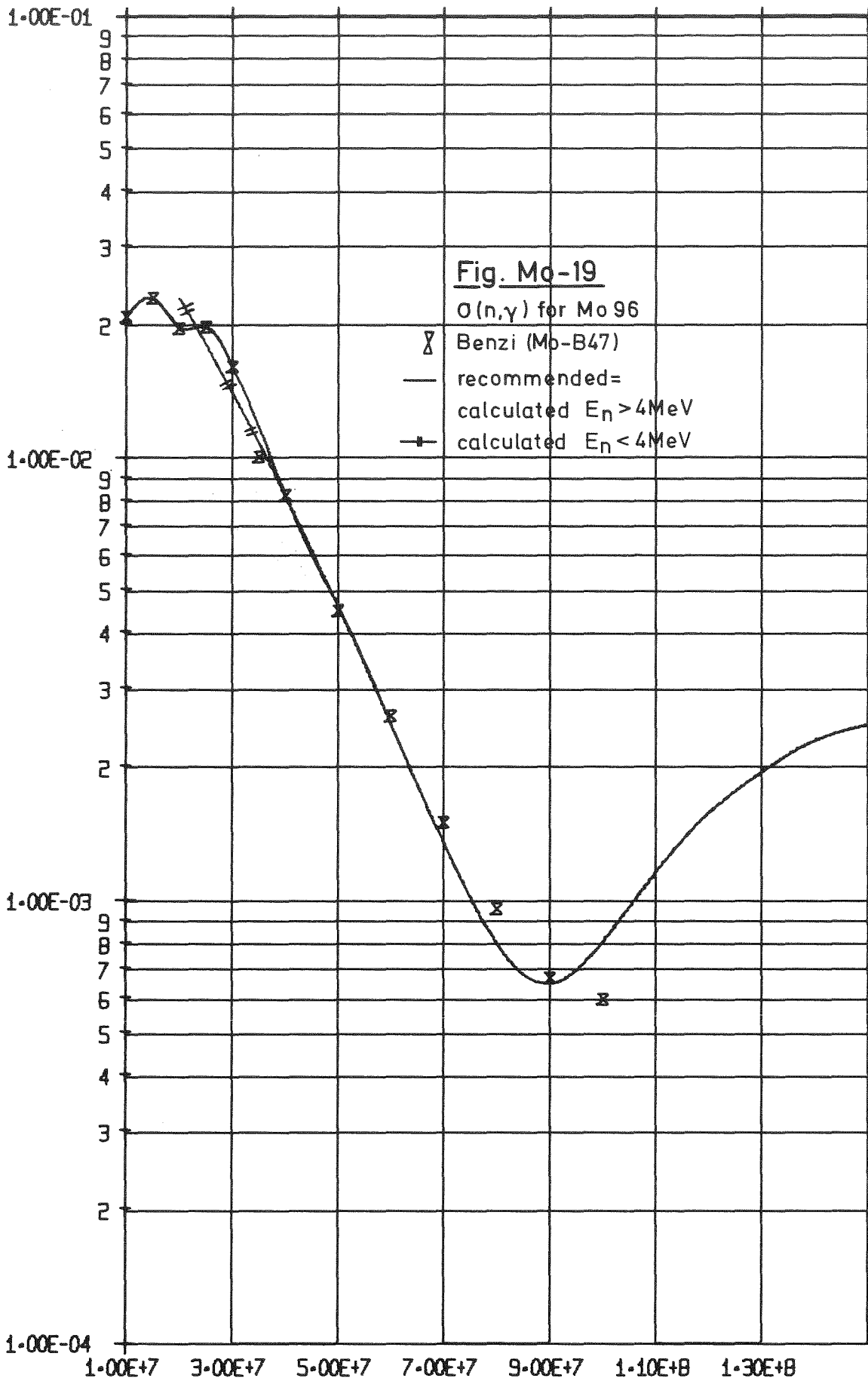


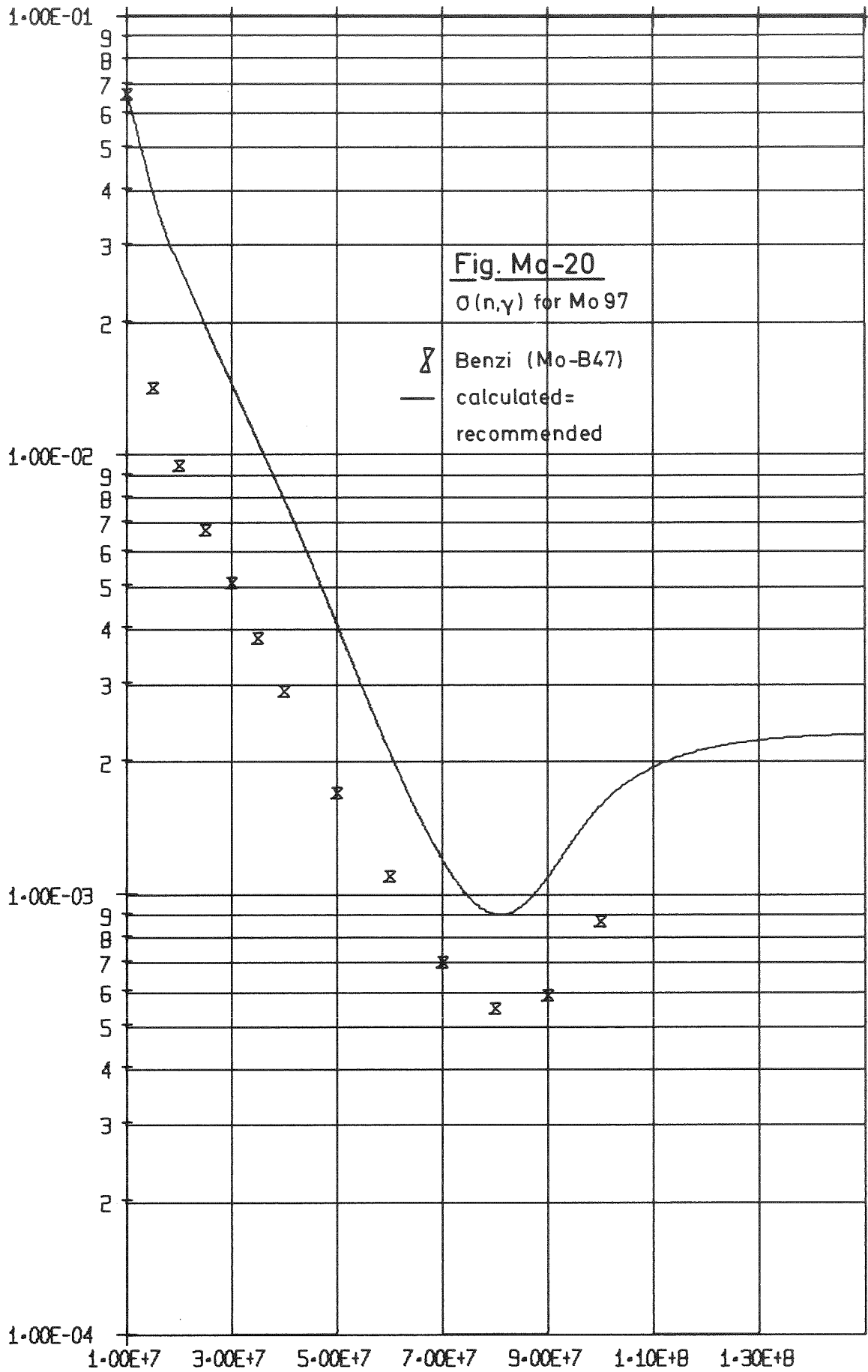


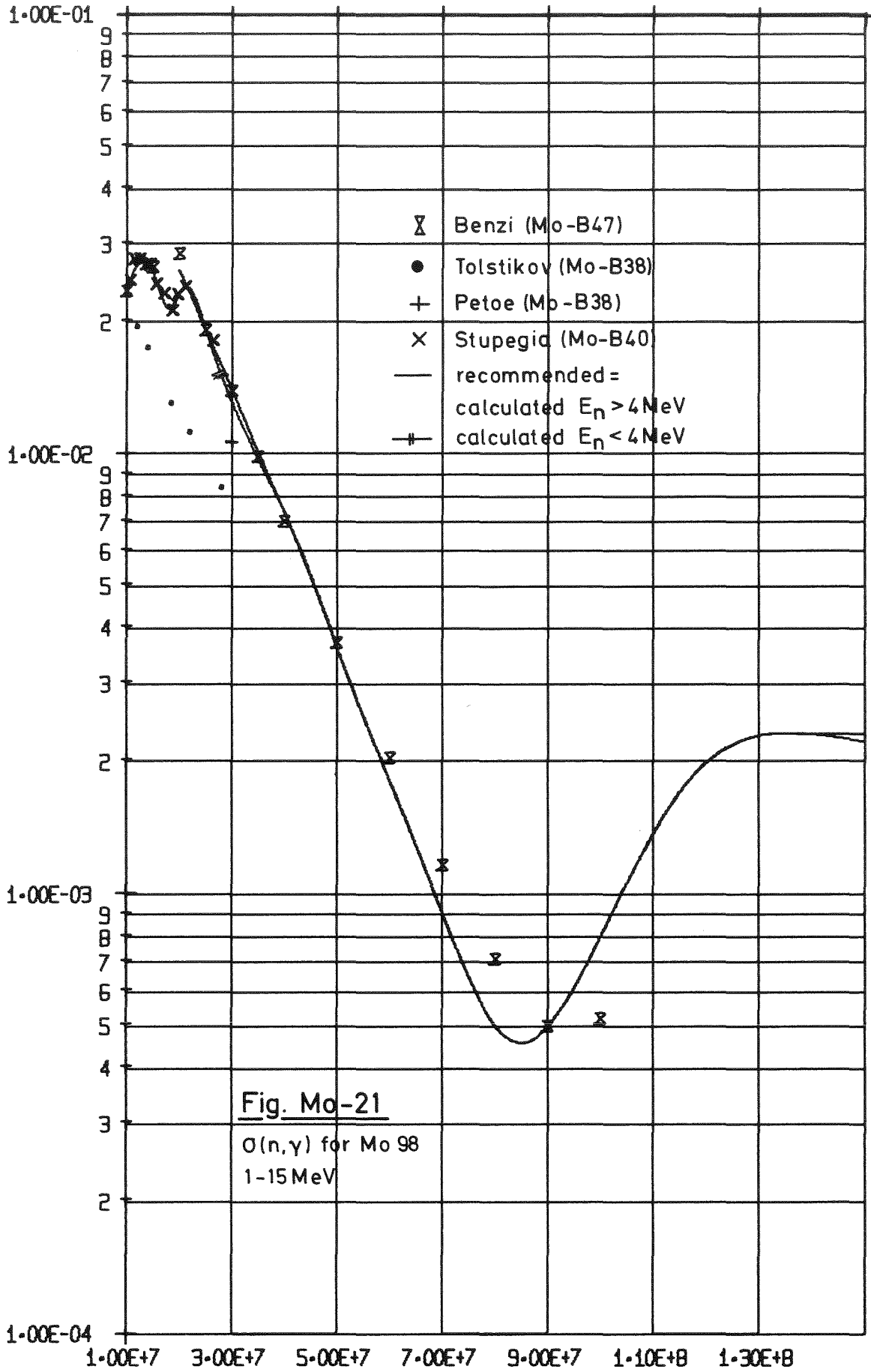


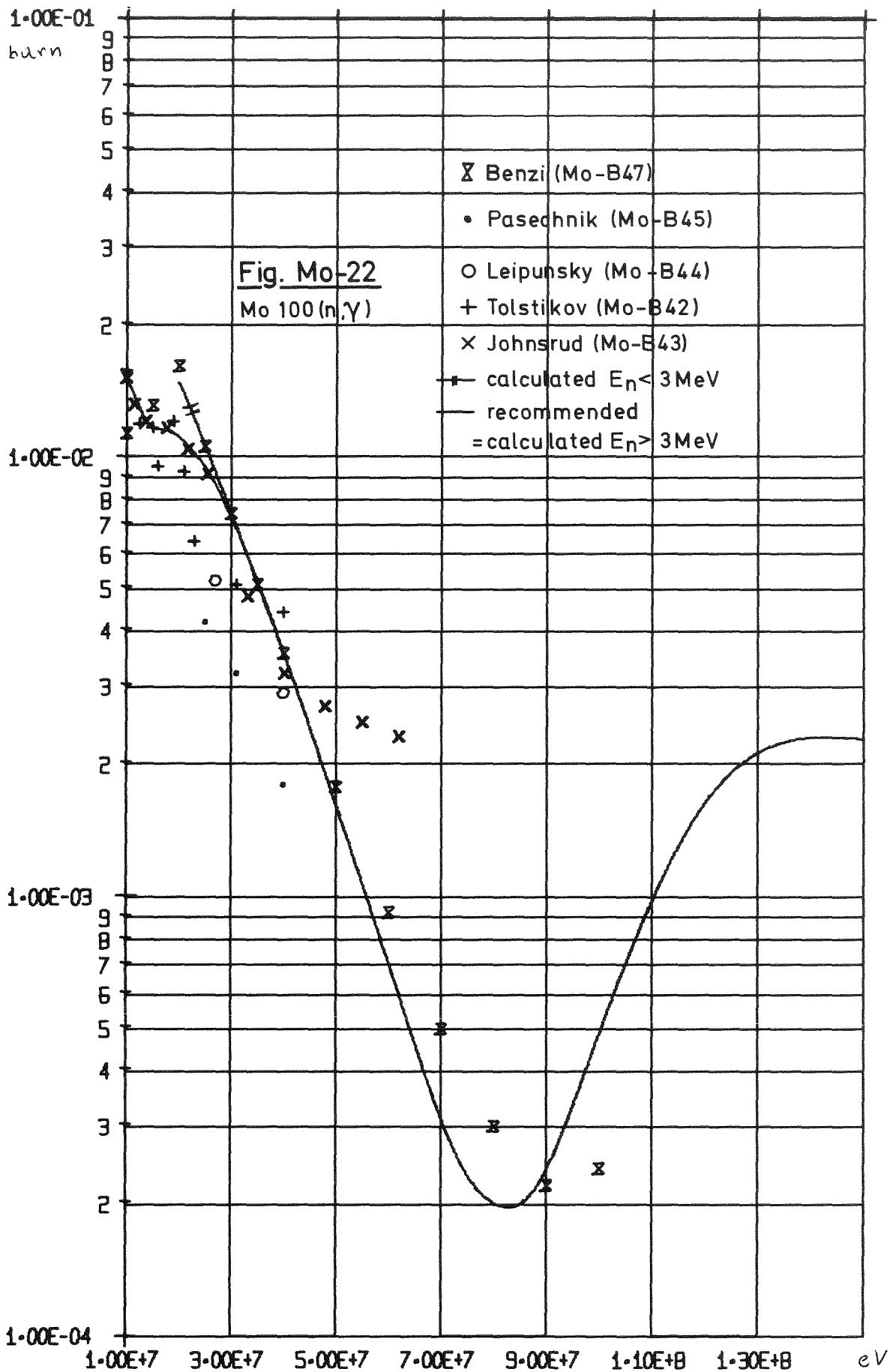


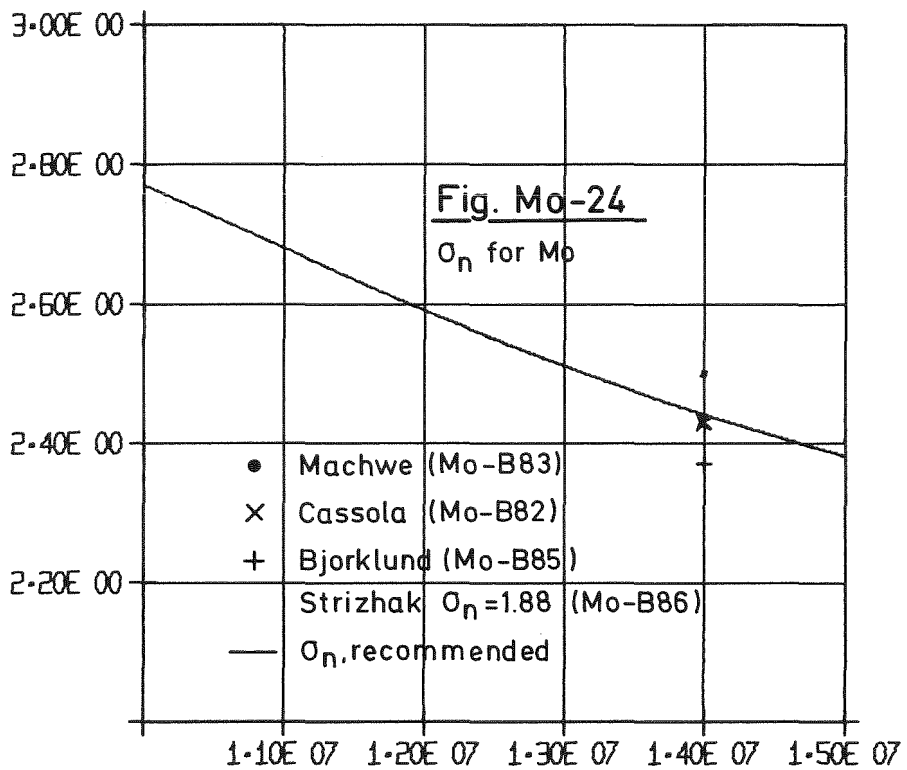
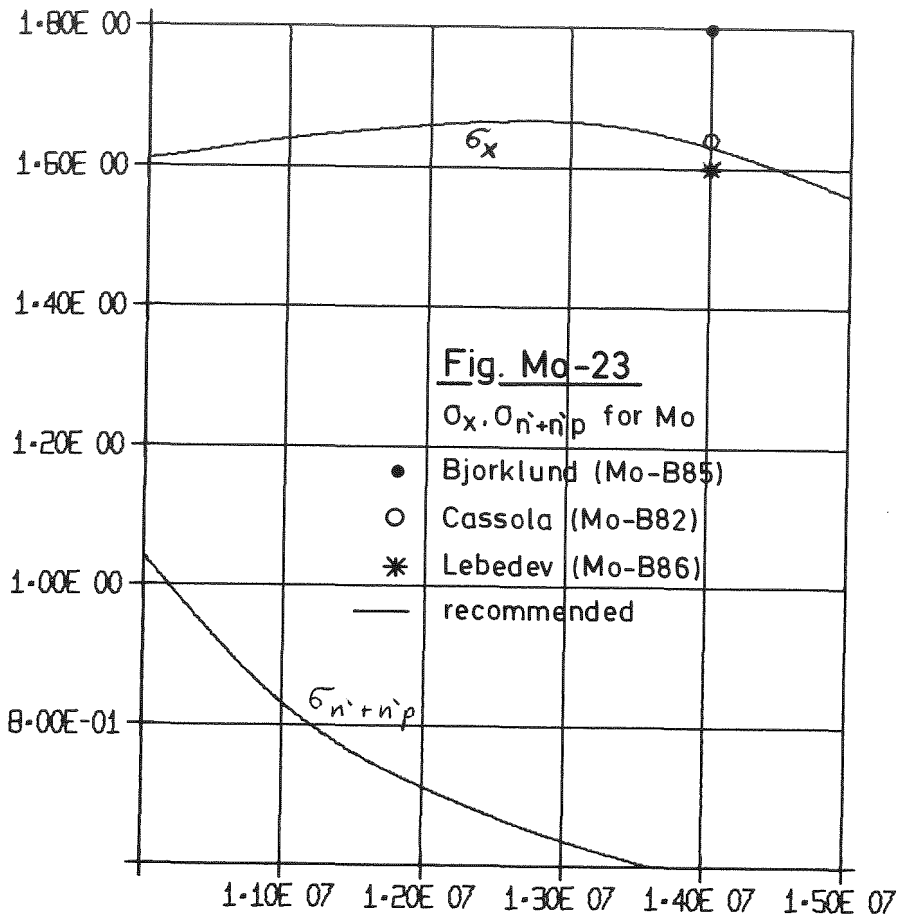












D. Evaluation of the cross sections for Chromium, Iron and Nickel
in MeV energy region

(R. Meyer)

The evaluations dealt within this chapter date back to 1970. This work was done in the context of the extension of KEDAK to 15 MeV. Following cross sections were evaluated for the above mentioned materials

$\sigma_t, \sigma(n,n), \sigma(n,n')$	from 10 MeV to 15 MeV
$\sigma(n,p), \sigma(n,\alpha), \sigma(n,2n)$	} from the threshold to 15 MeV
$\sigma(n,pn)$	
$\sigma(n,\gamma)$	from 1 MeV to 15 MeV

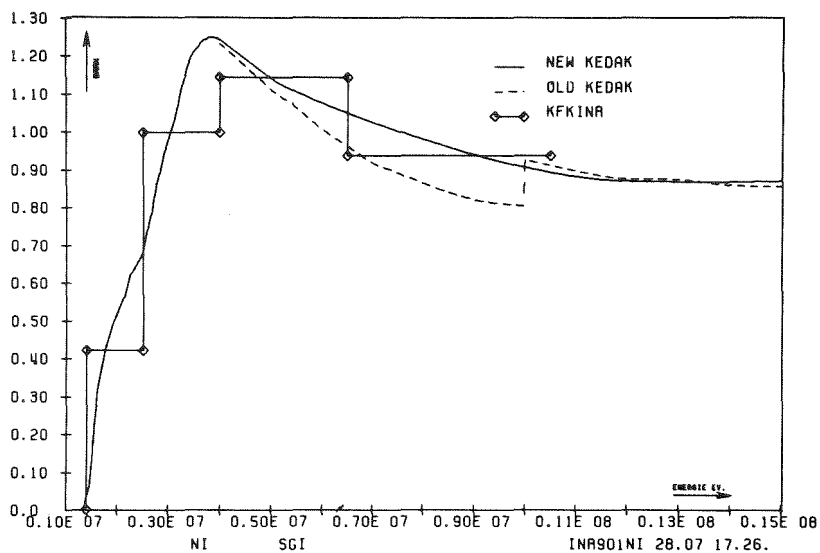
The evaluation of $\sigma(n,pn)$ is not stored on KEDAK separately but is included in $\sigma(n,n')$.

Among the different changes in the data discussed in this chapter. Some of the significant changes are listed below:

- Cr(n,p) cross section in the energy range 6 - 10 MeV has been raised.
- Ni(n, α) is considerably raised throughout.
- Some discrepancies between the formerly theoretically expected behavior of the inelastic scattering cross section in the higher MeV range is attributed to the (n,pn) process which was formerly not considered.

The changes performed after 1970 are of the order of adjusting the different evaluations to a smooth curve, i.e. removal of certain discontinuities in the recommended curve. Such changes are demonstrated on the example of $^{23}\text{Na}(n,n')$ in the following figure.

The data for the structural materials are at present under revision and a new report (KFK 2386/IV) on these data will be issued shortly.



Cross section for the Ni(n,n')-process. Note the jumps at 4 MeV and 10 MeV in the OLD KEDAK data.

II. Totaler Querschnitt, 10 - 15 MeV

Seit Erscheinen des KFK 120 [A1] wurde eine große Zahl von Messungen publiziert [B1 bis B6]. Von allen derzeit zur Verfügung stehenden Daten sind die von Cierjacks u.a. [B2], Albergotti und Ferguson [B3], Manero u.a. [B7] und Vervier und Martegani [B8] mit der besten Auflösung und etwa gleich guter Statistik gemessen. Die Messungen stehen in guter bis sehr guter Übereinstimmung.

Vervier und Martegani [B8] dürften bei der Bestimmung der Energieauflösung die aus der Geometrie der Anordnung folgende Winkelauflösung nicht berücksichtigt haben. Jedenfalls berechnet sich bei jenen Energien, bei denen die Autoren die höchste Energieauflösung angeben, ein erheblicher über deren Angaben hinausgehender Beitrag. Die Messung wurde deshalb ausgeschlossen, da dann die erzielte Auflösung nicht an die der übrigen Experimente heranreicht.

Albergotti und Fergusons Daten [B3] zeigen im oberen Energiebereich eine deutliche Abweichung zu höheren Werten von σ_{TOT} , für die keine Erklärung vorliegt. Wir haben die Ergebnisse dieser Messung nicht berücksichtigt.

Die vorliegenden Arbeiten lassen im totalen Querschnitt keine jenseits des statistischen Fehlers liegende Strukturen erkennen. Deshalb wurde zur Darstellung von σ_{TOT} eine monotone Kurve gewählt, der Gestalt $\sigma_{TOT}(E) = A \cdot E^a + B \cdot E^b$. A, B, a und b wurden durch ein Least Square Fit Programm für jedes Element bestimmt. Im Fall von Cr und Ni wurden nur die Ergebnisse von Cierjacks u.a. [B2] benutzt, für Fe sind auch Maneros Daten [B7] herangezogen worden, wegen der größeren Zahl von Datenpunkten sind aber auch hier die Ergebnisse von Cierjacks u.a. [B2] statistisch am bedeutendsten.

Foster und Glasgow [B1] beobachteten gewisse Strukturen und deuteten diese als Auswirkungen des steilen Quellspektrums ($Li^7(d,n)$) und Zeitinstabilitäten in der Elektronik. Dies führt zu einer Verschlechterung der effektiven Auflösung und zu zufälligen Schwankungen in den Meßwerten. Die Meßwerte blieben deshalb unberücksichtigt.

III. $\sigma_{n,p}$

Cr⁵⁰

Seit Abschluß des KFK 120 (1966) [A1] wurden keine neuen Messungen berichtet. Eine weitere auf dem statistischen Modell basierende Rechnung von J. Eriksson [B11] liegt als vorläufiger Bericht vor. Die Berechnung der Niveaudichten wurde weiter verbessert durch Einführung eines zusätzlichen Korrekturterms, der Schaleneffekte berücksichtigen soll. Er wurde aus den experimentellen Schalenenergien von Myers und Swiatecki [A3] gewonnen. Eriksson [B11] und Büttner [B50] sagen übereinstimmend für niedere Energien einen höheren Querschnittsverlauf voraus als Ringle [B49], der ältere Werte für Niveaudichteparameter und inversen Compoundbildungsquerschnitt benutzt. Die neueren Werte enthalten verschiedene Korrekturen bzw. wurden mit verbesserten optischen Potentialen gerechnet. Aus diesem Grund ist den Ergebnissen von Eriksson und Büttner der Vorzug gegeben worden. Unter 10 MeV ergibt sich deshalb eine merkliche Änderung der Querschnitte.

Cr⁵²

Auch mit Hilfe der neu hinzugekommenen Meßpunkte kann die Querschnittskurve nicht genauer festgelegt werden, da deren Streuung sehr groß ist. Zwischen Schwelle und 12 MeV gibt es nur die Messung von Wilhelmi [B44]. Von Rau [B14] wurde $\bar{\sigma}(\chi(E))$ gemessen. Diese beiden Werte wurden zur Festlegung von $\sigma(n,p)$ in diesem Bereich verwendet.

Cr⁵³

Die Berechnungen von Eriksson [B11] und die Messung von Musain und Kuroda [B13] unterstützen die bisher empfohlene Kurve.

Cr⁵⁴

Wurde nur der Vollständigkeit halber betrachtet. Der Beitrag zu $\text{Cr}(n,p)$ wurde vernachlässigt (stets < 0.4 mb).

Fe⁵⁴(n,p)

Nach wie vor sind zwischen 6 und 13 MeV keine Meßpunkte veröffentlicht worden. Die Lage des Maximums von $\sigma(n,p)$ wird vor allem durch die Konkurrenzreaktionen bestimmt. Von denen, die mit merklicher Wahrscheinlichkeit auftreten, haben nur die (n,pn) und die (n,d) Reaktion Schwellen in dem Bereich, in dem das Maximum von $\sigma(n,p)$ liegen muß. Es ist zu erwarten, daß bei hohen Restkernenergien die sekundäre Neutronenemission die sekundäre γ -Emission überwiegt und deshalb der (n,pn)-Prozeß $\sigma(n,p)$ merklich absenkt. Daß das Hinzukommen der Konkurrenz primärer d-Emission den (n,p) Querschnitt zum Absinken bringt, ist unwahrscheinlich. Dennoch wurde sowohl der Einfluß der (n,pn) wie auch der (n,d) Schwelle auf $\sigma(n,p)$ bei den benachbarten - -Kernen untersucht.

Bei drei Kernen, nämlich Cr⁵², Fe⁵⁶, Ni⁶⁰, beginnt der Abfall des (n,p)-Querschnitts ungefähr 2-2.5 MeV oberhalb der (n,pn) Schwelle. Ein ähnlicher Zusammenhang mit der (n,d) Schwelle konnte nicht festgestellt werden. Bei den anderen Kernen war $\sigma(n,p)$ nicht genügend bekannt.

Entsprechend diesem Ergebnis wurde der Querschnitt durch Verschieben des Maximums etwas geändert.

Fe⁵⁶

Grundls [B15] Meßwerte unterstützen die bisherigen Resultate bis 10 MeV.

Levkovskijs [B20] und Grundls Ergebnisse bei 14MeV liegen über der bisher empfohlenen Kurve.

Vonachs Messung [B18] ist eine Relativmessung. Sie wurde auf den derzeit empfohlenen Wert normiert. Strohals Ergebnis [B19] stimmt mit keiner der anderen Messungen überein. Die Datenpunkte wurden erhalten, in dem wir die gemessenen Relativwerte auf den empfohlenen Wert bei 14.13 MeV normierten.

Cuzzocrea [B19] kann die Diskrepanz zwischen seiner und den meisten anderen Messungen nicht erklären. Aus den spärlichen Angaben in [B19] können kaum Schlüsse auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse gezogen werden. Es sei jedoch

bemerkt, daß auch für $Al^{27}(n,\alpha)$, $Ag^{109}(n,2n)$ und $Al^{27}(n,p)$ etwa um den gleichen Faktor zu hohe Ergebnisse berichtet werden. Ein systematischer Fehler kann daher vermutet werden.

Die bisher empfohlene Kurve wurde beibehalten.

Fe⁵⁷, Fe⁵⁸

Keine neuere Messungen liegen vor. Die in [A1] angewendete Methode zur Festlegung der Querschnitte kann angezweifelt werden; wegen der geringen Beiträge zu $\sigma_{n,p}(Fe)$ wurden aber keine Anstrengungen unternommen, eine bessere Methode zu entwickeln.

Die bisher empfohlenen Querschnitte wurden ungeändert übernommen.

Ni⁵⁸

Auch neuere Messungen um 14 MeV weisen starke Diskrepanzen auf. So liegen zum Beispiel die Messungen von Decowski u.a. [B24] weit oberhalb aller anderen Ergebnisse und sogar noch höher als frühere Ergebnisse der gleichen Gruppe - Chojnacki u.a. [B79] - die auch schon sehr hoch lagen. Die Meßpunkte von Okumura [B23] und Temperley [B27] gruppieren sich um die bisher empfohlene Kurve.

Wegen der Steilheit des Querschnittsverlaufes zwischen 13 und 15 MeV (Abfall = 100 mb/MeV) können schlechte Energieauflösung oder fehlerhafte Bestimmung der Neutronenenergie große Unsicherheiten bzw. Fehler in den gemessenen Querschnitten hervorrufen.

Zwischen 8.5 und 13 MeV gibt es keine Meßpunkte. Aus den Gründen, die im Abschnitt über $Fe^{54}(n,p)$ dargelegt wurden, sind wir der Meinung, daß der Abfall des (n,p) -Querschnittes erst um 10.5 MeV beginnen sollte. Der bisher empfohlene Querschnitt wurde entsprechend geändert.

Zwischen 2.0 und 4.8 MeV sind die Meßreihen von Decowski u.a. [B24] und Temperley [B27] hinzugekommen. Letztere unterstützt die bisher empfohlene Kurve, Decowskis Werte weichen sehr stark von den anderen Messung ab. Die bisher empfohlene Kurve wird in diesem Bereich beibehalten. Sie wird durch die gemessene $\bar{\sigma}_{n,p}(\chi(E))$ gestützt: Der für die empfohlene Kurve berechnete Wert von 105 mb stimmt mit den Messungen gut überein.

Ni⁶⁰(n,p)

Nun liegen auch zwischen 8 und 13 MeV Meßwerte von Paulsen [B28] vor. Allerdings nimmt Paulsen an, daß die Kontaminierung durch niederenergetische Neutronengruppen der C¹⁴(d,n) und N¹⁵(d,n) Quellen ungenügend korrigiert wurden. Die bisher empfohlene Kurve liegt der von Paulsen gezogenen sehr nahe. Wegen der oben angeführten Unsicherheiten kann der Querschnitt nicht genauer festgelegt werden.

Der aus der empfohlenen Kurve berechnete Wert für $\bar{\sigma}_{n,p}(\chi(E)) = 2.1$ mb liegt über dem neuesten von Nasyrov mit 1.69 ± 0.18 mb gemessenen. Die empfohlene Kurve wurde aus folgenden Gründen nicht auf diesen Wert normiert:

- 1) Durch Absenken des Querschnitts käme die empfohlene Kurve unter die Meßpunkte von Liskien und Paulsen [B83] von 1966 zu liegen.
- 2) Eine Extrapolation des Querschnitts auf Null bei etwa 6 MeV würde ebenfalls ein $\bar{\sigma}_{n,p}$ um 1.7 mb ergeben, doch steht ein so steiler Anstieg des (n,p)-Querschnittes im Widerspruch zur Erfahrung bei Nachbarkernen und theoretischen Ergebnissen.
- 3) Die gemessenen $\bar{\sigma}_{n,p}(\chi(E))$ für Ni⁶⁰ weichen von einander stark ab. Kein anderer Meßwert kann den von Nasyrov gemessenen unterstützen. Für diesen spricht vor allem die gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren bei anderen Kernen.

Ni⁶¹(n,p), Ni⁶²(n,p), Ni⁶⁴(n,p)

Es liegen nur Meßwerte zwischen 14 und 15 MeV vor.

Bei Ni⁶¹ wurde den Meßwerten von Clarke und Cross [B25] und Levkovskij [B30] der Vorzug gegeben, allerdings nur, weil dann beide Werte auf einer Kurve lagen. Eine Normierung auf das Resultat von Val'ter würde die Kurve um 12% absenken.

Im Fall von Ni⁶² liegen Meßpunkte vor, die von 25 bis 106 mb reichen. Bormanns Ergebnis [B22] ist nur für Ni⁶²(n,p) Co^{62g} angegeben. Den Werten von Val'ter [B29] und Levkovskij [B30] wurde der Vorzug gegeben, weil

- 1) Strain und Ross [B26] auch für viele andere Kerne Ergebnisse erhielten, die von den meisten übrigen Werten stark abweichen. Ihre Querschnitte wurden deshalb als weniger zuverlässig betrachtet.
- 2) Clarke und Cross in der mir verfügbaren Quelle [B25] nur eine sehr grobe Beschreibung ihrer Messung geben.
- 3) Gardner [B16] für seine relativen Isotopenquerschnitte gerade für die Cr, Fe- und die anderen Ni-Kerne gute Resultate erhält und wir deshalb nicht annehmen, daß sein Ergebnis bei Ni⁶² um einen Faktor zwei oder mehr falsch ist.

Für Ni⁶⁴ liegen zwei Meßpunkte vor [B29]. Der Meßpunkt von Val'ter wurde vorgezogen, da Preiss und Fink [B36] auch bei den anderen Ni-Isotopen anscheinend zu niedrige Werte erhalten haben.

Die Kurvenform wurde folgendermaßen gewählt:

$$\sigma_{n,p}^{62} = \sigma_{n,p}^{60}(E=2.5 \text{ MeV}) \frac{\sigma_{n,p}^{62}(15 \text{ MeV})}{\sigma_{n,p}^{60}(12.5 \text{ MeV})} = 0.34 \sigma_{n,p}^{60}(E=2.5 \text{ MeV})$$

$$\sigma_{n,p}^{64} = \sigma_{n,p}^{60}(E=8 \text{ MeV}) \frac{\sigma_{n,p}^{64}(14 \text{ MeV})}{\sigma_{n,p}^{60}(6 \text{ MeV})} = 0.3 \sigma_{n,p}^{60}(E=8 \text{ MeV})$$

Dies entspricht der Annahme einer Standardform des (n,p)-Querschnittes. Die additiven Glieder in den Argumenten berücksichtigen die Unterschiede in den Q-Werten. Insbesondere bleibt der Einfluß der Konkurrenzreaktion unberücksichtigt, der eine solche Standardform ausschließt.

Während bei Ni^{60,62,64}(n,p) die Restkerne vom u-u-Typ sind, ist dies bei Ni⁶¹(n,p) nicht der Fall, und es muß auch noch die Paarungsenergie berücksichtigt werden. Die Formel von Gardner wurde angewendet:

$$\frac{\sigma_{n,p}^{A,Z}(E)}{\sigma_{n,p}^{A',Z}(E)} = e^{2(\{\sqrt{a(E_m - \beta_p^{2k})}\}_{A,Z} - \{\sqrt{a(E_m - \beta_p^{2k})}\}_{A',Z})}$$

Die Symbole entsprechen den von Gardner verwendeten.

Folgende Werte für die Parameter wurden gewählt:

$$a = 7.5 \text{ MeV}^{-1} \text{ für beide Isotope}$$
$$\beta_p^{\#} = 4.01 \text{ MeV}, Q_{n,p} = 2.07 \text{ MeV für Ni}^{61}$$
$$\beta_p^{\#} = 2.02 \text{ MeV}, Q_{n,p} = 0.52 \text{ MeV für Ni}^{60}$$

Mit diesen Werten wurde δ_n , die Paarungsenergie, so festgelegt, daß bei 14.5 MeV das berechnete Verhältnis von $\frac{\sigma_{n,p}^{\text{Ni}60}}{\sigma_{n,p}^{\text{Ni}61}}$ dem gemessenen entsprach. Mit

$$\frac{\sigma_{n,p}^{\text{Ni}60}}{\sigma_{n,p}^{\text{Ni}61}}(14.5 \text{ MeV}) = 1.199 \text{ ergab sich } \delta_n \text{ zu } 1.75 \text{ MeV.}$$

Folgendes ist zu bemerken

- 1) Vor dem Exponentialglied in Formel (1) sind Faktoren vernachlässigt, die z.B. im Fall Ni^{58} , Ni^{60} bei 14.5 MeV 1.20 betragen. Es wurde nicht untersucht, wie sich diese Faktoren mit der Energie ändern und dann das von uns berechnete Ergebnis beeinflussen würden.
- 2) Die Formel versagt bei niedrigen Energien.
- 3) Über die Zahlenwerte der in Formel (1) eingehenden Parameter herrscht Uneinigkeit.

Die Zuverlässigkeit der so berechneten Querschnittskerne ist deshalb nicht sehr gut.

IV. $\sigma(n,\alpha)$ ab Schwelle

Cr(n, α)

Der einzige experimentelle Wert für Cr-Isotope wurde an Cr⁵⁴ gemessen, das nur mit 2.4% im natürlichen Isotopengemisch vertreten ist. Dieser Meßwert von Husain und Kuroda [B13] steht in guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis der von J. Eriksson durchgeführten Rechnung [B11]. Deshalb und aus Mangel an weiteren Quellen wurden die von Eriksson berechneten Werte den empfohlenen Kurven bei allen Isotopen zu Grunde gelegt.

Die empfohlenen Querschnitte sind mit großen Unsicherheiten behaftet.

Fe(n, α)

Die bisher empfohlenen Kurven wurden beibehalten. Die Beiträge von Fe⁵⁴(n, α), Fe⁵⁷(n, α), Fe⁵⁸(n, α) zu $\sigma_{n,\alpha}$ (Fe) sind gering.

Ni(n, α)

Die bisher empfohlene Kurve basierte auf den von Schuman und Mewherter [B94] gemessene Wert für $\bar{\sigma}(\chi(E))$. Aus Vergleichen der gemessenen $\bar{\sigma}(\chi(E))$ für andere Reaktionen ersieht man, daß die Werte dieser Autoren allgemein zu niedrig liegen. Die jetzt empfohlene Kurve benutzt das von Weitman und Daverhög [B104] gemessene $\bar{\sigma}_{m,\alpha}^{Ni}(\chi(E))$, das wesentlich höher liegt. Außerdem wurden die Ergebnisse von J. Eriksson [B11] und der Meßwert von Seebeck und Bormann [B102] benutzt, um den Querschnittsverlauf für Ni⁵⁸(n, α) festzulegen.

Für Ni⁶⁰ empfehlen wir Büttners Kurve [B50], für Ni⁶¹ die normierte Ni⁶⁰-Kurve von Büttner:

$$\begin{aligned} \sigma_{n,\alpha}^{61}(E) &= \sigma_{n,\alpha}^{60}(E+2.2\text{MeV}) \frac{\sigma_{n,\alpha}^{61, \text{Gardner}}(14.5\text{MeV})}{\sigma_{n,\alpha}^{60}(16.7\text{MeV})} \cdot \frac{\sigma_{n,\alpha}^{60}(14.5\text{MeV})}{\sigma_{n,\alpha}^{60, \text{Gardner}}(14.5\text{MeV})} = \\ &= 0.82 \sigma_{n,\alpha}^{60}(E+2.2\text{MeV}) \end{aligned}$$

Zur Umnormierung dienten die Ergebnisse von Gardner [B85].

Für Ni⁶² empfehlen wir die in [B106] wiedergegebene Kurve, da sie die experimentellen Werte gut approximiert, für Ni⁶⁴ wurde die Kurve aus [B106] den gemessenen Querschnitten angepaßt.

V. $\sigma_{n,2n}$ ab Schwelle

Cr

Wo experimentelle Information fehlt, wurde Pearlsteins Rechnung angewendet [B112]. Pearlstein berechnet $\frac{\sigma(n,2n)^*}{\sigma(n,M)}$ mit Hilfe des statistischen Modells unter vereinfachenden Annahmen für Niveaudichte und Ablauf der $(n,2n)$ -Reaktion. Direkte Wechselwirkungen und (n,np) -Prozeß werden vernachlässigt. Dies sollte zu systematischen Fehlern führen (vgl. [A4]). Da die von Pearlstein errechneten Kurven im allgemeinen die experimentellen Werte gut wiedergeben, dürften Abweichungen von den verwendeten empirischen Formeln für σ_x und $\frac{\sigma(n,M)}{\sigma(x)}$ diese Fehler näherungsweise kompensieren. Die Rechnungen von Büttner u.a. [B50], die keine solchen vereinfachenden Annahmen trafen, ergeben wesentlich schlechtere Übereinstimmung mit den Experimenten.

Die Ergebnisse von Strain und Ross [B26] liegen nicht nur bei Cr^{50} sondern auch bei Fe^{54} und Ni^{58} deutlich zu hoch. Die übrigen Meßwerte stimmen mit der empfohlenen Kurve für $Cr^{50}(n,2n)$ gut überein. Für $Cr^{52}(n,2n)$ wurden Bormanns Ergebnisse [B113] zur Festlegung des Querschnitts herangezogen.

Bis 13 MeV liefert Cr^{53} den Hauptbeitrag zu $\sigma_{n,2n}(Cr)$, und die Zuverlässigkeit des empfohlenen Querschnitts ist bis dahin nicht sehr groß. Oberhalb 13 MeV kommt der Hauptanteil von $Cr^{52}(n,2n)$ und der Querschnitt wird im wesentlichen durch die Messungen von Bormann u.a. [B113] bestimmt.

Fe

Nur für Fe^{54} liegen Messungen vor, die stark diskrepant sind. Es ist nicht anzunehmen, daß nahe der Schwelle der Querschnitt so hoch ist, wie die Mehrzahl der Autoren gemessen hat. Die derzeit empfohlene Kurve wurde durch Umnormierung von Pearlsteins Kurve gewonnen. Wegen der Nähe der Schwelle und der Steilheit des Querschnittsverlaufes kann schlechte Energieauflösung die Resultate leicht verfälschen. Deshalb wurden Messungen für die die Energieauflösung nicht angegeben wurde ebensowenig berücksichtigt wie solche mit schlechter Energieauflösung. Ebenso wurde der von Andrew und Serov [B114] bei 13.8 MeV gemessene Wert weggelassen. Er ist deutlich zu hoch. Von den verbleibenden Meß-

* $\sigma_{n,M} = \sigma_{n,n'} + \sigma_{n,2n} + \sigma_{n,3n} + \text{etc.}$

punkten stimmen die von Andrew und Serov [B114], Salisbury, Chalmers [B59] und Rayburn [B111] gut mit der von uns empfohlenen Kurve überein, der Meßwert von Depraz [B115] liegt deutlich darunter. Da Fe^{54} im natürlichen Isotopengemisch nur gering vertreten ist, basiert der Querschnitt für $\text{Fe}(n,2n)$ auf Pearlsteins Rechnungen.

Ni

Entsprechend den vorliegenden Messungen liegt der empfohlene Querschnitt für Ni^{58} über Pearlsteins Kurve. Unsere Kurve approximiert den mittleren Trend der Querschnitte durch eine monotone Kurve. Die von Csikai [B119] berichteten Fluktuationen wurden bisher nicht bestätigt. Diese Frage ist hier von geringer Bedeutung, da Ni^{58} am $\text{Ni}(n,2n)$ Querschnitt durchwegs mit weniger als 15% beteiligt ist. Ab 13 MeV kommt der Hauptbeitrag von Ni^{60} . Der Querschnittsverlauf von $\text{Ni}(n,2n)$ wird im wesentlichen durch die Ergebnisse von Pearlstein [B112] bestimmt.

VI. $\sigma(n, np+pn)$ ab Schwelle

Es ist schwierig, für diesen Prozeß Querschnittskurven zu empfehlen:

1. Die Zahl der Messungen ist gering.
2. Die Meßwerte widersprechen einander z.T. erheblich.
3. Theoretische Rechnungen mit Hilfe des statistischen Modells liefern sehr verschieden gute Ergebnisse.
4. Die zwei verschiedenen Möglichkeiten des Reaktionsablaufes - (n, np) und (n, pn) - erschweren die Aufstellung empirischer Regeln.
5. Aktivierungsmessungen enthalten auch einen (n, d) -Beitrag. Verschiedene Messungen (^{235}U bis ^{238}U und dort angef. Referenzen) zeigen, daß dieser Querschnitt nur einen geringen Prozentsatz des $(n, np+pn)$ -Querschnitts beträgt. Zu einer entsprechenden Korrektur reichen die Informationen jedoch nicht aus.
6. Nachweis der emittierten Protonen z.B. mit Photoplatten enthält stets auch $(n, p\gamma)$ Protonen und einen unbekanntem, nicht diskriminierten (n, d) -Anteil. Gemessen werden kann $\sigma(n, p_{\text{emiss.}}) = \sigma(n, np+pn+p\gamma+\dots)$ und durch Anwendung der statistischen Theorie auf das gemessene p-Emissionsspektrum auch $\sigma(n, np)$. Dieses Verfahren liefert keine genauen Resultate. Aus den empfohlenen Kurven kann $\sigma(n, p\gamma)$ entnommen werden und $\sigma(n, np+pn) = \sigma(n, p_{\text{emiss.}}) - \sigma(n, p\gamma)$ genommen werden. Die Inkonsistenz dieser Vorgangsweise ist offensichtlich. Fehler in der Messung von $\sigma(p_{\text{emiss.}})$ werden nicht proportional auf $\sigma_{n, np+pn}$ übertragen. Dieses ist deshalb mit großen Fehlern behaftet.

Dennoch sind diese Verfahren ein unersetzliches Hilfsmittel in der Bestimmung der Querschnitte und wurden durchwegs angewendet. In den Abbildungen 38 - 45 sind die auf diese Weise gewonnenen Querschnittspunkte zusammen mit den originalen Meßwerten eingetragen.

Aufgrund der Organisation des Karlsruher Kerndatenbandes KEDAK werden die $(n, np+pn)$ -Querschnitte derzeit zu den (n, n') -Querschnitten geschlagen. Im Fall des (n, np) Prozesses bedeutet dies die Vernachlässigung des sekundären Protons, das für Reaktorrechnungen ohnehin nicht interessiert. Im Fall des (n, pn) Prozesses wird vernachlässigt, daß diese Neutronen ein vom (n, n') -Spektrum wesentlich verschiedene Energieverteilung haben. Sie sind vorzugsweise niederenergetischer. Jedoch ist der Anteil der (n, pn) -Reaktion am $(n, np+pn)$ -Querschnitt gering.

Die Auswertung der Querschnitte erfolgte ausschließlich zu Kontrollzwecken.

Cr

Alle Kurven setzen ungefähr 2 MeV oberhalb der Schwelle ein. Dies trägt der Vorstellung Rechnung, daß der merkliche Austritt der Protonen unterhalb dieser Energie durch den Potentialberg verhindert wird. Die Anregungskurve für Cr^{52} bedarf eines weiteren Kommentars: Büttners Werte [B50] erschienen uns zu niedrig (vgl. Abb. 41, 44). Um zu erfahren, ob es sinnvoll ist, einen Querschnitt für Cr^{52} in der Größenordnung von $\sigma(n, np+pn)$ für Fe^{56} und Ni^{60} zu wählen, wurden versuchsweise die Querschnitte 4 MeV oberhalb der $(n, np+pn)$ -Schwelle gegen $\frac{N-Z}{A}$ und gegen $Q_{N,2N} - Q_{N,NP}$ in doppelt linearen Maßstab aufgetragen (Abb. 52, 53). Eine systematische Abhängigkeit ist in beiden Fällen unverkennbar. Wegen der geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten und deren großer Unsicherheiten kann das Ergebnis nicht sehr hoch gewertet werden. Immerhin nehmen wir es als Stütze für die von uns für Cr^{52} vorgeschlagene Querschnittskurve.

Fe

Für Fe^{54} stimmen die späteren Ergebnisse von Allan [B61, B45] recht gut miteinander und mit dem Resultat von March und Morton [B129] überein. Den zu hohen Wert des letzteren für $\text{Fe}^{54}(n, np)$ schreiben wir deshalb den Schwierigkeiten bei der Trennung der einzelnen Bestandteile von $\sigma_{n, P_{emiss}}$ unter Anwendung der statischen Theorie zu. Bei Fe^{56} scheinen uns nur die Werte von Allan [B80, B45] zuverlässig. March, Morton u.a. [B129, B135] haben bei Energien gemessen, wo der $(n, np+pn)$ -Querschnitt schon zu klein für eine sichere Bestimmung mit Hilfe der Differenzmethode sind. Das spätere Ergebnis von Allan [B45] wurde vorgezogen.

Ni⁵⁸

Zwischen den Aktivierungsmessungen und den p-Nachweismessungen herrscht offensichtliche Diskrepanz. Der (n, d) Querschnitt ist zu klein, um dies zu klären. Den Aktivierungsmessungen wurde der Vorzug gegeben gegenüber den p-Nachweismethoden:

1. Bei letzteren müssen statistische Theorie und empfohlene Querschnitte zur Berechnung von $(n, np+pn)$ herangezogen werden. Die Fehler des Verfahrens wurden bereits in der Einleitung diskutiert.
2. Sind unerwünschte Prozesse schlecht zu diskriminieren. Deshalb wird meist ein Teil der Spuren nicht ausgezählt und dafür eine Korrektur angebracht.

Aktivierungsmessungen müssen Störaktivitäten berücksichtigen. Wegen des recht gut bekannten $Ni^{38}(n, 2n)$ Querschnittes sollten die Korrekturen gut getroffen sein.

Jeronymos Ergebnisse $\int B78_7$ liegen ganz allgemein viel zu tief. Ein systematischer Fehler kann vermutet werden. Die Resultate dieser Arbeit wurden deshalb nicht berücksichtigt.

Die Methode von Purser und Titterton $\int B81_7$ ist wegen des kleinen $Ni^{58}(n, 2n)$ Querschnitts sehr empfindlich gegenüber Störaktivitäten und Kontamination. Der von ihnen erhaltene $(n, 2n)$ -Querschnitt ist jedenfalls viel zu hoch und das Verhältnis $\frac{\sigma(n, np+pn+d)}{\sigma(n, 2n)}$ zu niedrig.

Die anderen Aktivierungsmessungen wurden zur Festlegung der Querschnittskurve herangezogen.

Ni⁶⁰: Allans Messung $\int B45_7$ wurde vorgezogen. Sie ist jedenfalls der früheren Messung des gleichen Autors $\int B80_7$ vorzuziehen. March und Mortons $\int B137_7$ liefern ein Überwiegen des (n, np) - über den (n, pn) -Querschnitt. Dies ist aus systematischen Überlegungen unwahrscheinlich.

Ni^{61,62,64}: Die Diskrepanzen in den Meßwerten beginnen hier bereits bei der Bestimmung von $T_{1/2}$ von Co^{63} . Eine Lösung der Diskrepanzen erscheint gegenwärtig nicht möglich. Verschiedene Zustände von Co^{63} könnten gemessen worden sein. Die Querschnitte sind diskrepant und ordnen sich den systematischen Überlegungen nicht ein (z.B. $\sigma^{64} > \sigma^{62}$). Deshalb und wegen der Kleinheit der Querschnitte haben wir auf eine Empfehlung verzichtet.

VII. $\sigma_{n,\gamma}$ oberhalb 1 MeV

Zur Verfügung standen eine Messung von Cvelbar u.a. [B156] für Cr und Fe sowie eine Messung von Bergquist u.a. [B157] von Übergangsquerschnitten zu den niedrigsten Niveaus für Ni.

Für den zwischen den Meßpunkten liegenden Bereich von 1 - 14 MeV die Querschnittskurve anzugeben, ist schwierig, wenn man keine umfangreichen Rechnungen durchführen will.

Es wurde der Versuch unternommen, eine parametrisierte Formel für den (n,γ) Querschnitt herzuleiten, deren Parameter durch die Meßpunkte festgelegt werden können. Aus der Forderung nach Einfachheit der Rechnung ergibt sich notwendigerweise, daß an die berechnete Formel keine hohen Ansprüche gestellt werden dürfen. Sie soll jedenfalls bessere Querschnitte liefern als es die bisherigen, nach dem statistischen Modell berechneten, waren.

Die Herleitung von $\sigma_{n,\gamma} = \sigma_{n,\gamma}^{DC} + \sigma_{n,\gamma}^{ST}$ (*) wird in Anhang I beschrieben.

Zur Normierung der Kurven werden die empfohlenen Werte bei 1 MeV [A1] und die erwähnten Messungen [B156, B157] herangezogen.

Aus Bergquists Messung [B157] kann man entnehmen, daß $\sigma_{n,\gamma}^{DC}(8\text{MeV})$ ungefähr 0.2 mb betragen dürfte, wenn man annimmt, daß die Beiträge der Übergänge zu höher angeregten Zuständen ($E_f > 1 \text{ MeV}$) vernachlässigbar sind und daß umgekehrt $\sigma_{n,\gamma}^{ST}(8\text{MeV})$ zu den Übergangsquerschnitten zu den niedrigsten Niveaus ($E_f < 1 \text{ MeV}$) vernachlässigbar wenig beiträgt.

Ein wichtiger Mangel des Verfahrens ist es, daß zur Normierung der Kurve bis 1 MeV herab gerechnet werden mußte. Bei diesen Energien verliert das kontinuierliche statistische Modell seine Gültigkeit. Es kann vermutet werden, daß $\sigma_{n,\gamma}^{ST}$ empfindlich von der Lage der Anschlußstelle abhängt.

(*) $\sigma_{n,\gamma}^{DC}$ Anregungsquerschnitt nach direktem und kollektiven Modell
 $\sigma_{n,\gamma}^{ST}$ Anregungsquerschnitt nach statistischem Modell

VIII. σ_n , σ_x und $\sigma_{n'}$ von 10 - 15 MeV

Wegen $\sigma_n + \sigma_x = \sigma_{TOT}$ und $\sigma_{n'} + \sum_i \sigma_i^{(*)} = \sigma_x$ sind die Querschnitte von einander abhängig.

Bei allen Kernen liegen Meßwerte für σ_n und σ_x vor. Einige Autoren haben aus den gemessenen $\frac{d\sigma_n(\Omega)}{d\Omega}$ kein σ_n errechnet. In solchen Fällen legten wir durch die differentiellen Meßpunkte eine glatte Kurve. Durch Extrapolation auf 0° und 180° und Integration wurde σ_n gewonnen. Selbstverständlich kann für kein Standardfehler angegeben werden, da die Autoren nur Fehler abschätzten, die den relativen Verlauf des differentiellen Querschnitts betreffen. Oft mußten die Querschnitte ziemlich kleiner Zeichnungen in semilogarithmischem Maßstab entnommen werden. Daraus können Ablesefehler erwachsen. Trotzdem sehen wir das Verfahren als sinnvoll an, da dadurch in jedem Fall weitere Information gewonnen wird. Die von Elliot [B138] und Yuasa [B144] für verschiedene Winkelbereiche gemessenen Kurven wurden zu einem differentiellen Querschnitt von $0 - 180^\circ$ kombiniert. Die Extrapolationen auf 0° spielen eine große Rolle, da die Querschnittswerte bei kleinen Winkeln am größten sind.

Aus der großen Anzahl von optischen Modellrechnungen wurden Agee und Rosens Ergebnisse [B142] verwendet, da sie dem Benutzer die größte Bequemlichkeit bieten.

Die Berechnungen wurden mit den in lokalen optischen Modellrechnung üblichen Parameterwerten angestellt.

$\sigma_{n'}$ wurde gewonnen aus $\sigma_{n'} = \sigma_x - \sum_i \sigma_i$. Hier bezeichnen die σ_i nur jene nicht-elastischen Querschnitte, die in der vorliegenden Arbeit ausgewertet wurden.

Daraus folgt, daß $\sigma_{n'}$ auch Beiträge von anderen als (n,n') -Prozessen enthält, z.B. (n,d) , (n,α) , usw.

(*) $\sum_i \sigma_i$ Summe über alle nichtelastischen Prozesse, ausgenommen $\sigma_{n'}$

Anhang I

Berechnung von $\sigma_{n\gamma}$ oberhalb 1 MeV

Nach dem direkten und kollektiven Modell des (n,γ) -Prozesses erhält man [B10, B11, 7]:

$$\sigma_{n\gamma}^{DC} \approx \sum_f \frac{K_Y^3}{K} \left| \langle f | H^N | i \rangle + \frac{\langle f | H^T | d \rangle \langle d | \Delta V | i \rangle}{E_i - E_f - E_D + \frac{1}{2} \Gamma_D} \right|^2$$

mit

K_Y, K Wellenzahl von Photon und Neutron

$|f\rangle, |i\rangle, |d\rangle$ End-, Anfangs-, Zwischenzustand
(Wesentlich geht ein, daß $|f\rangle, |i\rangle$ 1-Teilchenzustände sind)

$E_D; \Gamma_D$ Energie und Breite des Zwischenzustandes

H^N, H^T Dipoloperatoren für Neutron und Targetkern

$\Delta V = \bar{V}(\vec{r}) - V(\vec{r}, \vec{x})$

$V(\vec{r}, \vec{x})$ Wechselwirkungspotential zwischen Targetnukleonen ($\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_A$)
und Neutron (\vec{r})

$\bar{V}(\vec{r})$ mittleres Potential für das Neutron

Der Beitrag der Compoundprozesse beträgt [A12, 7]

$$\sigma_{n\gamma}^{ST}(E) = \sigma_{c,n}(E) \frac{\Gamma_n(E)}{\Gamma_\gamma(E)}$$

mit

$$\Gamma_n(E) \approx \frac{1}{\rho_i(E+B)} \int_0^E \epsilon \rho_f(E_f) \sigma_c(\epsilon) d\epsilon \quad E_f = E - \epsilon$$

$$\Gamma_\gamma = \frac{1}{\rho_i(E+B)} \frac{\int_E^{E+B} \epsilon^2 \rho_i(E_f) \sigma_{c\gamma}(\epsilon) d\epsilon}{\int_0^B \epsilon^2 \rho_i(E_f) \sigma_{c\gamma}(\epsilon) d\epsilon} \quad \begin{array}{l} E_f = E+B-\epsilon \\ E_f = B-\epsilon \end{array}$$

$\sigma_c, \sigma_{c\gamma}$	Compoundbildungsquerschnitt durch n bzw. γ
$\sigma_{c,n}$	Querschnitt für den Compoundkernzerfall durch Neutronemission
	$\sigma_{c,n} = \sigma_{n,cel} + \sigma_{n,n} + \sigma_{n,2n} + \sigma_{n,np} + \dots$
	$\sigma_{n,cel}$ compoundel. Anteil von $\sigma_{n,n}$
ρ_i, ρ_f	Niveaudichte von Zwischenkern und Targetkern
B	Neutronbindungsenergie
E	Energie der primär emittierten Teilchen oder Photonen

Durch Zusammenfassen beider Prozesse erhält man:

$$\sigma_{n\gamma}(E_i) = \frac{1}{\sqrt{E_i}} \int_0^B \left\{ c(E_f, E_i) + \frac{d(E_f, E_i)}{(E_i + B - E_f - E_D) + \Gamma_D^2/4} \right\} E_f^3 \bar{\rho}(E_f) dE_f$$

$$+ \sigma_{c,n}(E_i) \frac{\Gamma_\gamma(E_i)}{\Gamma_n(E_i)}$$

$\bar{\rho}(E_f)$ Einteilchenniveaudichte

c und d enthalten die Übergangsmatrixelemente und können stark von E_f abhängen [A13].

Folgende Vereinfachungen wurden vorgenommen:

1. $c, d, \bar{\rho}(E_f) = \text{const}$
2. $\rho(E) = \frac{1}{T} e^{\frac{E-E_0}{T}}$ gemäß [A14]

E_0 Parameter
 T Kerntemperatur

Diese Niveaudichteformel wurde der Bequemlichkeit halber auch außerhalb des in [A14] vorgeschlagenen Bereiches verwendet (bei der Berechnung von Γ_n). Da von Γ_n nur die Abhängigkeit von E_i benötigt wird, sollte der dadurch verursachte Fehler im Rahmen der gewählten Näherung bleiben.

$$3. \sigma_{c\gamma}(\epsilon) \propto \frac{E_{\gamma}}{(E_{\gamma} - E_D)^2 + \frac{1}{n} \Gamma^2} \quad \underline{\text{A13}_7}$$

$$\sigma_c(\epsilon) = \text{const.}$$

Anwendung dieser Vereinfachungen liefert

$$\sigma_{n\gamma}^{\text{DC}}(E) = K \cdot \frac{1}{\sqrt{E}} \int_{E_D}^{E+B} \left(1 + \frac{\alpha^2 + 2d(E_{\gamma} - E_D)}{E (E_{\gamma} - E_D)^2 + \Gamma^2/4}\right) E_{\gamma}^3 dE_{\gamma} \quad (1)$$

$$\frac{\Gamma_{\gamma}}{\Gamma_n}(E) = L \cdot \frac{\int_{E_D}^{E+B} \frac{e^{-\epsilon/T}}{(E_{\gamma} - E_D)^2 + \Gamma^2/4} d\epsilon}{1 - (1 + E/T') e^{-E/T'}} \quad (2)$$

$$\sigma_{n\gamma}^{\text{ST}}(E) = \sigma_{cn}(E) \cdot \frac{\Gamma_{\gamma}}{\Gamma_n}(E)$$

$$\sigma_{n\gamma}(E) = \sigma_{n\gamma}^{\text{DC}}(E) + \sigma_{n\gamma}^{\text{ST}}(E)$$

K, L energieunabhängige Konstanten, die dazu dienen, die Kurve an Meßwerte anzupassen.

α von den Kerneigenschaften abhängiger Parameter, der berechnet werden kann A13, B157

T, T' Kerntemperaturen des (n, γ) und (n, n') Restkernes.

Die Rechnungen wurden auf einer IBM 360/65 durchgeführt und erfordern Rechenzeiten von ca. 6 sec.

Literaturverzeichnis

σ_{TOT}

- B1 D.G. Foster, D.W. Glasgow
HW-SA 2875 (1963), Nucl.Instr.Meth. 36 (1965) 1
- B2 S. Cierjacks u.a.
KFK-953 (1968), KFK 1000 (1968 ff)
- B3 Albergotti, Ferguson, Nucl.Phys. 82 (1966) 652
- B4 Galloway, Shrader, COO-1573-6 (1966)
- B5 Western u.a., Transact.Amer.Nucl.Soc. 8 (1966) 458
- B6 Durakevitch, Nucl.Phys. 92 (1967) 433
- B7 F. Manero u.a., Nucl.Phys. 59 (1964) 583
- B8 J.F. Vervier, A. Martegani, Nucl.Phys. 6 (1958) 260
- B9 G.J. McCallum u.a., Nucl.Phys. 16 (1960) 313
- B10 A. Bratenahl u.a., Phys.Rev. 110 (1958) 927

$\sigma(n,p)$

- B11 J. Eriksson, EANDC(OR)73L (1968), private Mitteilung (1970)
- B12 B. Mitra, A.M. Ghose, Nucl.Phys. 83 (1966) 157, Atomic Energy Estab-
lishment Trombay, Report 267, 62, 1966
- B13 L. Husain, P.K. Kuroda, J.inorg.nucl.Chem. 29 (1967) 2665
- B14 G. Rau, Nukleonik 9 (1966) 228
- B15 Grundl, Nucl.Sc.Eng. 30 (1967) 34
- B16 D.G. Gardner, Nucl.Phys. A96 (1967) 121

- B17 F.L. Hassler, R.A. Peck, Phys.Rev. 125 (1962) 1011
- B18 H.K. Vonach, W.G. Vonach u.a., Conf. Neutron Cross Sections and Technology, Washington, 4.-7.3.1968, p. 885
- B19 P. Cuzzocrea u.a., Nuovo Cimento 54B (1968) 53
- B20 V.N. Levkowski, Jad.Fiz. 8 (1968) 7
- B21 F.V. Rao, R.W. Fink, Phys.Rev. 154 (1967) 1023
- B22 H. Bormann u.a., Z. Naturforschung 21A (1966) 988
- B23 S. Okumura, Nucl.Phys. A93 (1967) 74
- B24 P. Decowski, Nucl.Phys. A112 (1968) 513
- B25 R.L. Clarke, W.G. Cross u.a., Bull.Amer.Phys.Soc. 7 (1962) 335 TA14
- B26 J.E. Strain, W.J. Ross, ORNL 3672 (1965)
- B27 J.K. Temperley, Nucl.Sc. Eng. 32 (1968) 195
- B28 A. Paulsen, Nukleonik 10 (1967) 91
Z.Physik 205 (1967) 226
- B29 A.K. Val'ter u.a., Bull.Acad.Sc. UDSSR 26 (1962) 1086
- B30 V.N.Levkowskij, Jad.Fiz. 10 (1969) 46
- B31 P. Strohal u.a., Phys.Lett. 10 (1964) 104
- B32 J.W. Boldeman, J.Nucl.En. A/B18 (1964) 417
- B33 P. Carter, Conf. Rad. meas. in nucl. power, Sept. 1966, Berkley, P.6.1, p. 331
- B34 A.M. Bresesti, M. Bresesti, R.A. Rydin, Nucl.Sc.Eng. 29 (1967) 7
- B35 F. Nasyrov, Sov.At.En. 25 (1968) 1251
- B36 I.L. Preiss, R.W. Fink, Nucl.Phys. 15 (1953) 267
- B37 E.B. Paul, R.L. Clarke, Can.J.Phys. 31 (1953) 267
- B38 Nellis, Am.Progr.Rev. Univ. Arkansas 3 (1963)
- B39 Chojnacki, INR-680-I/PH (1965)

- B40 Cuzzocrea, inst. Fisica Nucleare, Florence, Report /Be-67/ 10, 1967
- B41 Hille, Sitzber.österr. Akad. Wiss. 174 (1965) 11
- B42 Joensson, Lund University, Report LU-NP-6804 (1968)
- B43 Slunecko, Inst. Nuclear Physics, Prague, Report UJV-1368 (1966)
- B44 Z. Wilhelmi, First International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva (1955) Vol. 2, p. 102
- B45 D.L. Allan, Nucl.Phys. 24 (1961) 274
- B46 V.N. Levkowskij, JETP 18 (1964) 213
- B47 D.M. Chittenden nach Eur. 122e (1963)
- B48 C.S. Khurana, L.M. Govil, Nucl.Phys. 69 (1965) 153
- B49 J. Ringle, UCRL-10732, 1963
- B50 M. Buttner, A. Lindner, H. Meldner, Nucl.Phys. 63 (1965) 615
- B51 S.K. Mukherjee u.a., Proc.Phys.Soc. 77 (1961) 508
- B52 J.M. Ferguson u.a., USNRDL-TR-269 (1958)
- B53 J.M. Ferguson, u.a. Nucl.Phys. 10 (1959) 226
- B54 P.V. March, W.T. Morton, Phil.Mag. 3 (1958) 143
- B55 A. Lauber, S. Malmskog, AE 160 (1964)
- B56 R.G. Johnson u.a., LMSC-4-50-62-1 (1962)
- B57 E.E. Carroll, G.G. Smith, Nucl.Sc.Eng. 22 (1965) 411
- B58 J.J. Van Loef, Nucl.Phys. 24 (1961) 340
- B59 S.R. Salisbury, R.A. Chalmers, Phys.Rev. 140B (1965) 305
- B60 W.G. Cross, R.L. Clarke, AECL-1542 (1962)
- B61 D.L. Allan, Nucl. Phys. 10 (1959) 348
- B62 H. Pollehn, H. Neuert, Z.Naturf. 16a (1961) 227, 230
- B63 D.M. Chittenden, D.G. Gardner, R.W. Fink
Phys.Rev. 122 (1961) 860
- B64 J. Terrell, D.M. Holm, Phys.Rev. 109 (1958) 2031

- B65 D.C. Santry, J.P. Butler, Can.J.Phys. 42 (1964) 1030
- B66 H. Liskien, A. Paulsen, Eur119e (1961) u. Suppl.
- B67 R.E. Bullock, R.G. Moore, Phys.Rev. 119 (1960) 721
- B68 J.D. Hemingway u.a., Proc.Roy.Soc. 292 (1966) 180
- B69 D.G. Gardner, A.D. Poularikas, Nucl.Phys. 35 (1962) 303
- B70 L. Gonzales, J. Rapaport, J.J. van Loef,
Phys.Rev. 120 (1960) 1319
- B71 J.F. Barry, J. Nucl.En. A/B 16 (1962) 467
- B72 K. Nakai u.a., J.Phys.Soc.Jap. 17 (1962) 1215
- B73 J. Konijn, A. Lauber, Nucl.Phys. 48 (1963) 191
- B74 J.W. Meadows, J.F. Whalen, Phys.Rev. 130 (1963) 2022
- B75 R.E. Bullock, R.G. Moore, Jr. Phys. Rev. 119 (1960) 721
- B76 K. Debertin, E. Rössle, Nucl. Phys. 70 (1965) 89
- B77 R.N. Glover, E. Weigold, Nucl.Phys. 29 (1962) 309
- B78 J.M.F. Jeron/mo u.a., Nucl.Phys. 47 (1963) 157
- B79 S. Chojnacki, P. Decowski u.a., Conf.Study Nucl.Structure with
Neutrons, 1965 Antwerpen, p. 114
- B80 D.L. Allan, Proc.Phys.Soc. A70 (1960) 295
- B81 K.H. Purser, E.W. Titterton, Austr.J.Phys. 12 (1959) 103
- B82 H. Liskien, L.A. Paulsen, Nucl.Phys. 63 (1965) 393
- B83 H. Liskien, A. Paulsen, Nukleonik 8 (1966) 315
- B84 T.E. Ward, P.H. Pile, P.K. Kuroda, J. inorg.nucl.Chem. 31 (1969) 2679
- B86 C.E. Mellish, J.A. Payne, R.L. Otlet, AERE I/R 2630 (1958)
- B87 R.S. Rochlin, Nucleonics 17, 1 (1959) 54
- B88 T.O. Possell, R.L. Heath, Nucl.Sci.Eng. 10 (1961) 308
- B89 C.H. Hogg, L.D. Weber, Sympos.on Rad.Eff.on Metals and Neutron
Dosimetry, Los Angeles, October 1962, Proceed. p. 133

- B90 R.L. Ritzman, R. Lieberman, J.F. Kircher, D.N. Sunderman, Symposium on Rad. Eff. on Metals and Neutron Dosimetry, Los Angeles, October 1962, Proc. p. 141
- B91 W.H. Martin, D.M. Clare, Nucl. Sci.Eng. 19 (1964) 465
- B92 A. Fabry, J.P. Deworm, EANDC(E) 57U, 1965, p. 69f
- B93 J.B. Trice, CF-55-10-140 (1955)
- B94 R.P. Schuman, A.C. Mewherter, KAPL-1779 (1957)
- B95 C.E. Mellish, Nucleonics 19, 3 (1961) 114
- B96 J.C. Roy, AERE 852 (1961)
- B97 J.W. Boldeman, K.P. Nicholson, AAEC/E-59 (Suppl.1) (1961)
- B98 C.E. Mellish, J.A. Payne, Nature 178 (1956) 275
- B99 C.E. Mellish, J.A. Payne, R.L. Otlet, Proc.Int.Conf.on Radioisotopes in Scientific Research, Paris 1957
- B100 B.L. Robinson, R.W. Fink, berichtet in B87
- B101 C.H. Hogg, L.D. Weber, Proc. Sympos. on Rad.Eff. and Neutron Dosimetry, 1963, p. 133
- B115 M. Depraz, G. Legros, M.R. Salin, J.Phys.Rad. 21 (1960) 377
- B129 P.V. March, W.T. Morton, Phil. Mag. 3 (1958) 143 (=B54)
- B130 S.G. Forbes, Phys. Rev. 88 (1952) 1309
- B131 S. Yasumi, J.Phys.Soc.Japan 12 (1957) 443
- B132 McLure, Kent J. Franklin Inst. 260 (1958) 238
- B133 F. Gabbard, B.D. Kern, Phys.Rev. 128 (1962) 1276
- B134 M. Bormann, S. Cierjacks, R. Langkan, H. Neuert Z.Phys. 166 (1962) 447

$\sigma(n,\alpha)$

- B11 J. Eriksson, EANDC(OR) 73L (1968)
- B13 L. Husain, P. Kuroda, J.inorg.nucl.Chem. 29 (1967) 2665
- B20 V.N. Levkovskij, Yad.Fiz. 8 (1968) 7
- B21 P.V. Rao, R.W. Fink, Phys.Rev. 154 (1967) 1023
- B25 R.L. Clarke, W.G. Cross, u.a., Bull.Am.Phys.Soc. 7 (1962) 335TA
- B35 F. Nasyrov, Sov.At.En. 25 (1968) 1251
- B40 Cuzzocrea, INFN/BE-67/10 (1967)
- B41 Hille, Sitzber.österr.Akad.Wiss. 174 (1965) 11
- B50 H. Büttner, A. Lindner, H. Meldner, Nucl.Phys. 63 (1965) 615
- B59 S.R. Salisbury, R.A. Chalmers, Phys.Rev. 140B (1965) 305
- B60 W.G. Cross, R.L. Clarke, AECL-1542 (1962)
- B62 H. Pollehn, H. Neuert, Z.Naturf. 16a (1961) 227, 230
- B63 D.M. Chittenden, D.G. Gardner, R.W. Fink, Phys.Rev. 122 (1961) 860
- B67 R.E. Bullock, R.G. Moore, Phys.Rev. 119 (1960) 721
- B84 T.E. Ward, P.H. Pile, P.K. Kuroda, J.inorg.nucl.Chem. 31 (1969) 2679
- B85 D.G. Gardner, Yu-Wen Yu, Nucl.Phys. 60 (1964) 49
- B86 C.E. Mellish, J.A. Payne, R.L. Otlet, AERE I/R 2630 (1958)
- B87 R.S. Rochlin, Nucleonics 17, 1 (1959) 54
- B94 R.P. Schuman, A.C. Mewherter, KAPL-1779 (1957)
- B102 U. Seebeck, M. Borman, Nucl.Phys. 68 (1965) 387
- B103 Yu-Wen Yu, D.G. Gardner, Nucl.Phys. A98 (1967) 451
- B104 J. Weitman, N. Daverhög, Conf.Neutron Cross Sections and Technology Washington, 4.-7.3.1968, p. 125
- B105 J.E. Strain, ORNL-P-1869 (1965)
- B106 P. Broncacio, priv. comm., 1966; referiert in UCRL-50484 (1968)
- B107 U. Facchini, E. Saetta-Menichella, F.Tonolini-Servegnini, Nucl.Phys. 51 (1964) 460
- B108 M. Irfan, W. Jack, Proc.Phys.Soc. 81 (1963) 808
- B109 R.L. Clarke, W.G. Cross, EANDC(Can) 16

$\sigma(n,2n)$

- B25 R.L. Cross, W.G. Clarke, Bull.Am.Phys.Soc. 7 (1962) 335 TA14
- B26 J.E. Strain, W.J. Ross, ORNL-3672 (1965)
- B27 J.K. Temperley, Nucl.Sc.Eng. 32 (1968) 195
- B36 I.L. Preiss, R.W. Fink, Nucl.Phys. 15 (1960) 326
- B37 E.B. Paul, R.L. Clarke, Can.J.Phys. 31 (1953) 267
- B38 Nellis, Ann.Progr.Rept. Univ. Arkansas 3 (1963)
- B39 Chojnacki u.a., INR-680-I/PH (1965)
- B41 Hille, Sitzungsber. d.österr. Akad.Wiss. 174 (1965) 11
- B42 Joensson, LU-NP 6804 (1968)
- B50 H.Büttner, A. Lindner, H. Meldner, Nucl.Phys. 63 (1965) 615
- B51 S. Mukherjee, A.K. Ganguly, N.K. Majumder, Proc.Phys.Soc. 77 (1961) 508
- B59 S.R. Salisbury, R.A. Chalmers, Phys.Rev. 140B (1965) 305
- B62 H. Pollehn, H. Neuert, Z.Naturforsch. 16a (1961) 227
- B63 D.M. Chittenden, D.G. Gardner, R.W. Fink, Phys.Rev. 122 (1961) 860
- B77 R.N. Glover, E. Weigold, Nucl.Phys. 29 (1962) 309
- B78 J.M.F. Heromymo u.a., Nucl.Phys. 47 (1963) 157
- B80 D.L. Allan, Proc. Phys.Soc. A70 (1957) 195
- B81 K.H. Purser, E.W. Titterton, Austr.J.Phys. 12 (1959) 103
- B94 R.P. Schuman, A.C. Mewherter, KAPL-1799 (1957)
- B109 R.L. Cross, W.G. Clarke, EANDC(Can)16 (1962)
- B110 C.S. Khurana, H.S. Hans, Nucl.Phys. 28 (1961) 560
- B111 L.A. Rayburn, Phys.Rev. 122 (1961) 168
- B112 S. Pearlstein, Nucl.Sci.Eng. 23 (1965) 238
- B113 M. Bormann, u.a., Nucl.Phys. A115 (1968) 309

- B114 M.F. Andreev, V.I. Serov, Sov.J.Nucl.Phys. 7 (1968) 454
B115 M. Depraz, G. Legros, M.R.Salin, J.Phys.Rad. 21 (1960) 377
B116 C. Carles, Comptes Rendus 257 (1963) 659
B117 H.C. Martin, B.C. Diven, Phys.Rev. 86 (1952) 565
B118 R.J. Prestwood, B.P. Bayhurst, Phys.Rev. 121 (1961) 1438
B119 J. Csikai, Conf.Nucl.Struct. 1965, Antwerpen, p. 102
B120 A. Paulsen, H. Liskien, Nukleonik 7 (1965) 117
B121 M. Bormann, F. Dreyer, H. Zielinsky, EANDC(E) 66U, p. 42 (1966)
B122 J. Csikai, G. Petö, Acta Physica Acad. Sc. Hung. 23 (1967) 87
B123 E.T. Bramlitt, R.W. Fink, Phys. Rev. 131 (1963) 2649
B124 Wenusch u.a., österr.Akad.Wiss., Math.Naturw. Anz. 99 (1962) 1
B125 Tagesen, österr. Akad.Wiss., Sitzungsber. 174 (1965) 85
B126 J. Csikai, Atomki Kozlemenyek 8 (1966) 79
B127 J. Csikai, Magyar Fizikai Folyoirat 16 (1968) 123
B128 Bame, AECU-2650 (1953)

$\sigma(n, np+pn)$

- B13 L. Husain, P.K. Kuroda, J.inorg.nucl.Chem., 29 (1967) 2665
B25 W.G. Cross, R..L. Clarke u.a., Bull.Am.Phys.Soc. 7 (1962) 335 TA 14
B27 J.K. Temperley, Nucl. Sci. Eng. 32 (1968) 195
B36 I.L. Preiss, R.W. Fink, Nucl.Phys. 15 (1960) 326
B45 D.L. Allan, Nucl.Phys. 24 (1961) 274
B50 H. Hüttner, A. Lindner, H. Meldner, Nucl.Phys. 63 (1965) 615
B61 D.L. Allan, Nucl.Phys. 10 (1959) 348
B63 D.M. Chittenden, D.G. Gardner, R.W. Fink, Phys.Rev. 122 (1961) 860

- B77 R.N. Glover, E. Weigold, Nucl.Phys. 29 (1962) 309
B78 J.M.F. Jeronymo, Nucl.Phys. 47 (1963) 157
B80 D.L. Allan, Proc.Phys.Soc. A70 (1957) 195
B81 K.H. Purser, E.W. Titterton, Austral.J.Phys. 12 (1959) 103
B84 T.E. Ward, P.H. Pile, P.K. Kuroda, J.inorg.nucl.Chem. 31 (1969) 2679
B109 W.G. Cross, R.L. Clarke, EANDC (Can) 16 (1963)
B123 E.T. Bramlitt, R.W. Fink, Phys.Rev. 131 (1963) 2649
B129 P.V. March, W.T. Morton, Phil.Mag.3 (1958) 143
B135 G. Brown, G.C. Morrison, H. Muirhead, W.T. Morton, Phil. Mag. 2 (1957) 785
B136 I.Kumabe, R.W. Fink, Nucl.Phys. 15 (1960) 316
B137 P.V. March, W.T. Morton, Phil.Mag. 3 (1958) 577

$\sigma_n, \sigma_n', \sigma_x$

- B42 Joensson u.a., Lund University, Report LU-NP-6804 (1968)
B50 H. Büttner, A. Lindner, H. Meldner, Nucl.Phys. 63 (1965) 615
B138 J.D. Elliot, Phys.Rev. 101 (1956) 684
B139 J.H. Coon, R.W. Davis, H.E. Felthausen, D.B. Nicodemus Phys.Rev. 111 (1958) 250
B140 R.W. Bauer, J.D. Anderson, L.J. Christensen, Nucl.Phys. 48 (1963) 152
B141 P.H. Stelson u.a., Nucl.Phys. 68 (1965) 97
B142 F.P. Agee, L. Rosen, LA-3538-MS, Vol. 1, 2 (1966)
B143 R.L. Clarke, R.W. Cross, Nucl.Phys. A95 (1967) 320
B144 K. Yuasa, J. Phys.Soc.Jap. 13 (1958) 1248
B145 Tagesen, Sitzber. österr. Akad.Wiss. 174 (1965) 85
B146 Sal'nikov, Obninsk, Report Ser. 39 (1966)

- B147 Morgan u.a., NDL-TR 86 (1967)
- B148 Kovalev, Ukr.Fiz.Jour. 13 (1968) 965
- B149 H.L. Taylor, O. Lönsjö, T.W. Bonner, Phys.Rev. 100 (1955) 174
- B150 N.N. Flerov, V.M. Talyzin, Sov.J.At.En. 1 (1956) 617
- B151 Y.G. Degtyarev, V.G. Nadtochii, Sov.J.At.En. 11 (1962) 1043
- B152 D.D. Phillips, R.W. Davis, E.R. Graves, Phys.Rev. 88 (1952) 600
- B153 E.R. Graves, R.W. Davis, Phys.Rev. 97 (1955) 1205
- B154 V.I. Sukhanov, V.G. Rukavishnikov, Sov.J.At.En. 11 (1962) 1044
- B155 M.H. MacGregor, W.P. Ball, R. Booth, Phys.Rev. 108 (1957) 726
UCRL-5230 (1958)

$\sigma_{n,\gamma}$

- B156 F. Cvelbar, A. Hudoklin, M.V. Mihailovic, M. Najzev, V. Ramsak, Nucl.Phys. A 130 (1969) 401
- B157 I. Bergqvist u.a., Nucl.Phys. A120 (1968) 178

Anhang

- A1 J.J. Schmidt, KFK 120 (1966)
- A2 R.J. Howerton u.a., UCRL-14000 (1964)
- A3 W.D. Myers, W.J. Swiatlecki, Nucl.Phys. 81 (1966) 1
- A4 Csikai, Petö, u.a. Acta Physica Hung. 23, 24, 25 und dort angeführte Referenzen
- A5 Wang, Winhold, Phys. Rev. 140B (1965) 882
- A6 Glover, Purser, Nucl.Phys. 24 (1961) 431
- A7 Debertain u.a., Nucl.Phys. 70 (1965) 89
- A8 Colli u.a., Nucl.Phys. 46 (1963) 73
- A9 I. Langner, J.J. Schmidt, D. Woll, KFK 750 (1968)
- A10 G.E. Brown, Nucl.Phys. 57 (1964) 339
- A11 G. Longo, F. Saporetti, CEC (67) 33, Centro di Calcolo, Bologna
- A12 V. Benzi, M.V. Bortolani, Nuovo Cimento 38 (1965) 216
- A13 F. Cvelbar u.a., Nucl.Phys. A130 (1969) 421
- A14 A. Gilbert, A.G.W. Cameron, Can.J.Phys. 43 (1965) 1446
- A15 D.G. Foster, D.W. Glasgow, Nucl.Instr.Meth. 36 (1965) 1

Tabelle 1

σ_T Messungen für Cr, Fe, Ni im Energiebereich 10 - 15 MeV
 (Weitere Referenzen in A1, Tab. Cr-C1, Fe-C1, Ni-C1)

Element	Referenz	Jahr	Energie	Auflösung	$\frac{\Delta\sigma_T}{\sigma_T}$ (%)
Cr, Fe, Ni	Foster, Glasgow <u>B1</u>	1963	2.3-14.9 MeV	0.4 ns/m 10-15 MeV: ≈ 370-630 keV	1-2%
Cr, Fe, Ni	Cierjacks u.a. <u>B2</u>	1968f	0.5-32 MeV	0.03 ns/m 10-15 MeV: ≈ 30-50 keV	3%
Fe	Albergotti, Ferguson <u>B3</u>	1966	12.5-14.3 MeV	36-161 keV	1%
Fe	Galloway, Shrader <u>B4</u>	1966	2-17 MeV	260-570 keV	1%
Fe	Western u.a. <u>B5</u>	1966	14.6 MeV	-	2%
Ni 58, 60, 64	Durakevitch <u>B6</u>	1967	14.2 MeV	-	0.3%

Tabelle 2

σ_p Messungen für Cr, Fe, Ni-Isotope

(weitere Referenzen in A1_7, Tab. Cr-C2; Fe-C2,C3,C4; Ni-C2,C3,C5)

Isotop/ Element	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma_p}$ (%)
Cr52	Mitra, Ghose <u>B12_7</u>	1966	14.8 MeV	100 keV	7%
Cr52,53,54	Husain, Kuroda <u>B13_7</u>	1967	14.8 MeV	200 keV	15%
Fe, Ni	Hassler, Peck <u>B17_7</u>	1962	14.4 MeV	200 keV	10%
Fe54	Rao, Fink <u>B21_7</u>	1967	14.4 MeV	200 keV	10%
Fe56	Grundl <u>B15_7</u>	1967	4-8 MeV 10, 14.1 MeV	100-260 keV	6%
Fe56	Vonach, Vonach u. a. <u>B18_7</u>	1968	13.6-14.7 MeV	150 keV	5%
Fe56	Cuzzocrea <u>B19_7</u>	1968	13.7-14.7 MeV	40-90 keV	8%
Fe56	Levkowski <u>B20_7</u>	1968	14.8 MeV	-	10%
Fe56	Strohal u. a. <u>B31_7</u>	1964	14.1-14.7 MeV	50 keV	3%
Fe56, Fe57 Ni58, Ni60	Clarke, Cross <u>B25_7</u>	1962	14.5 MeV	-	10%
Ni58	Bormann u. a. <u>B22_7</u>	1966	13.0-15.6 MeV	200-350 keV	9%
Ni58	Okumura <u>B23_7</u>	1967	13.4-15.0 MeV	60-100 keV	6-10%
Ni58	Decowski <u>B24_7</u>	1968	2-18 MeV	110-130 keV	5%
Ni58, Ni62	Strain, Ross <u>B26_7</u>	1962	14. MeV	-	-

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Isotop/ Element	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma_P}$ (%)
Ni58	Temperley /B27_7	1968	2.2-3.8MeV 13.7-14.8MeV	200-330keV	10%
Ni58,60,61,62	Levkowskij u.a./B30_7	1969	14.8MeV	-	10-25%
Ni60	Paulsen /B28_7	1967	5.67-15MeV	80-400keV	10%
Ni61,62,64	Val'ter u.a. /B29_7	1962	14.1MeV	-	5%
Ni61,62	Clarke,Cross u.a. /B60_7	1962	14.5MeV	-	10-25%
Ni61	Paul,Clarke /B37_7	1953	14.5MeV	-	14%
Ni61,62,64	Preiss,Fink /B36_7	1960	14.8MeV	900keV	10%
Ni62,64	Ward,Pile,Kuroda /B84_7	1969	14.8MeV	-	10,20%

Tabelle 3

σ_a Messungen für Cr, Fe, Ni-Isotope

(weitere Referenzen in A1, Tab. Fe-C5, C6, C7, Ni-C4, C5)

Isotop/ Element	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma_a}{\sigma_a}$ (%)
Cr54	Husain, Kuroda <u>B13</u>	1967	14.8 MeV	0.2 MeV	10%
Fe54	Rao, Fink <u>B21</u>	1967	14.4 MeV	0.2 MeV	11%
Fe54	Cross, Clarke <u>B60</u>	1962	14.5 MeV	-	11%
Ni62,64	Lewkowskij u.a. <u>B20</u>	1968	14.8 MeV	-	25%
Ni64	Ward, Pile, Kuroda <u>B84</u>	1969	14.8 MeV	-	5%

Tabelle 4

$\sigma_{n,2n}$ Messungen für Cr, Fe, Ni-Isotope

Element/ Isotop	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma_{2n}}{\sigma_{2n}}(\%)$
Cr50, Fe54, Ni58	Strain, Ross /B26_7	1965	14 MeV	-	-
Cr50	Mukherjee u.a. /B51_7	1961	14.8 MeV	-	10%
Cr50	Khurana, Hans /B110_7	1961	14.8 MeV	<0.5 MeV	25%
Cr50, Fe54, Ni58	Rayburn /B111_7	1961	14.4 MeV	0.3 MeV	9%
Cr52	Bormann u.a. /B113_7	1968	13-19.6 MeV	0.2-0.3 MeV	7%
Fe54	Allan /B80_7	1957	14 MeV	-	40%
Fe54	Depraz, Legros, Salin /B115_7	1960	15 MeV	0.4 MeV	-
Fe54	Chittenden, Gardner, Fink /B63_7	1961	14.8 MeV	0.9 MeV	9%
Fe54	Carles /B116_7	1963	14.1 MeV	-	50%
Fe54	Salisbury, Chalmers /B59_7	1965	14, 16.8 MeV	0.1, 0.05 MeV	15%, 10%
Fe54	Pollehn, Neuert /B62_7	1961	14.1 MeV	-	8%
Fe54	Andreev, Serov /B114_7	1968	13.8-15.5 MeV	0.02 MeV	-
Fe54, Ni58	Cross, Clarke u.a. /B109_7	1962	14.5 MeV	-	10%
Ni58	Prestwood, Bayhurst /B118_7	1961	13.5-19.8 MeV	0.1-0.3 MeV	5%
Ni58	Glover, Weigold /B77_7	1962	13.8-14.9 MeV	0.1-0.3 MeV	8%

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Element/ Isotop	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} \frac{2n}{2n} (\%)$
Ni58	Bramlitt, Fink / B123_7	1963	14.7MeV	0.2MeV	13%
Ni58	Jeronymo u.a. / B78_7	1963	12.6-21MeV	0.2MeV	15%
Ni58	Csikai / B119_7	1965	13.6-14.6MeV	0.1MeV	8%
Ni58	Cross, Clarke / B25_7	1962	14.5MeV	-	12%
Ni58	Temperley / B27_7	1968	13.7-14.8MeV	0.2-0.3MeV	10%
Ni58	Martin, Diven / B117_7	1952	12-18.5MeV	<1MeV	-
Ni58	Paul, Clarke / B37_7	1953	14.5MeV	-	30%
Ni58	Purser, Titterton / B81_7	1959	14.1MeV	-	20%
Ni58	Preiss, Fink / B36_7	1960	14.8MeV	0.9MeV	10%
Ni58	Liskien, Paulsen / B120_7	1965	13-19.6MeV	0.2-0.3MeV	7-10%
Ni58	Bormann u.a. / B121_7	1966	13-15.6MeV	0.2-0.3MeV	7%
Ni58	Csikai, Petö / B122_7	1967	15.4MeV	-	15%

Tabelle 5

$\sigma_{n,np}$ Messungen für Cr, Fe, Ni-Isotope

Element/ Isotop	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma_{np}}{\sigma_{np}}$
Cr50, Fe54, 56 Ni58, Ni60	Allan /B45_7	1961	14 MeV	-	14%, 6% 20%, 8% 18%
Cr53	Husain, Kuroda /B13_7	1967	14.8 MeV	0.2 MeV	20%
Fe54, 56, Ni58, 60	Allan /B80_7	1957	14 MeV	-	-
Fe54	Allan /B61_7	1959	14 MeV	-	-
Fe54, 56	March, Morton /B129_7	1958	13.5 MeV	0.1 MeV	-
Fe56	Brown, Morrison, Muirhead Morton /B135_7	1957	13.2 MeV	0.2 MeV	-
Fe57	Chittenden, Gardner, Fink /B63_7	1961	14.8 MeV	0.9 MeV	40%
Ni58	Purser, Titterton /B81_7	1957	14.1 MeV	-	20%
Ni58	Glover, Weigold /B77_7	1962	13.9-14.9 MeV	0.1-0.3 MeV	10%
Ni58	Bramlitt, Fink /B123_7	1963	14.7 MeV	0.2 MeV	20%
Ni58	Jeronymo /B78_7	1963	12.6-16.5 MeV	0.2 MeV	12%
Ni58	Cross, Clarke /B25_7	1962	14.5 MeV	-	12%
Ni58	Kumabe, Fink /B136_7	1960	14.8 MeV	-	10%
Ni58	Temperley /B27_7	1968	13.7-14.8 MeV	0.2-0.3 MeV	12%
Ni61, 62, 64	Preiss, Fink /B36_7	1960	14.8 MeV	0.9 MeV	25%
Ni60	March, Morton /B137_7	1958	13.5 MeV	0.1 MeV	-
Ni62, 64	Val'ter /B29_7	1962	14.1 MeV	-	30%
Ni62, 64	Ward, Pile, Kuroda /B84_7	1969	14.8 MeV	-	25%

Tabelle 6

Messungen von σ_x , σ_n , σ_n' im Energiebereich 10-15MeV für Cr, Fe, Ni
(weitere Referenzen in A1, Cr-C5, Fe-C8, Ni-C10)

Target	Reaktion	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$ (%)
Fe	σ_n	Elliot <u>B138</u>	1956	14MeV	-	-
Fe	σ_n	Coon u.a. <u>B139</u>	1958	14.5MeV	0.35MeV	5%
Ni	σ_n	Bauer, Anderson, Christensen <u>B140</u>	1963	14.5MeV	-	8%
Cr, Ni	σ_n	Stelson u.a. <u>B141</u>	1965	14MeV	0.3MeV	-
Ni	σ_n	Clarke, Cross <u>B143</u>	1967	14MeV	-	10%

Tabelle 7

Messungen von $\sigma_{n,\gamma}$ im Energiebereich 1-15MeV für Cr, Fe, Ni

Target	Referenz	Jahr	Energie	Energieauflösung	$\frac{\Delta\sigma_{\gamma}}{\sigma_{\gamma}}$
Cr, Fe	Cvelbar u.a. <u>B156</u>	1969	14.1MeV	1.35MeV	20%
Ni58, Ni60	Bergqvist u.a. <u>B157</u>	1968	0.9-8.3MeV	50-200keV	20-25%

Tabelle 7

Werte für $\bar{\sigma}_{n,p}(\chi(E))$ (a)

Target	Referenz	Jahr	$\bar{\sigma}$	Bemerkungen
Cr50	Eriksson / B11 7 empfohlen	1968	32.8mb	(b)
			31.5mb	(c)
Cr52	Eriksson / B11 7 Rau / B14 7 empfohlen	1968	0.47mb	(b)
		1966	0.92±0.037mb	
			0.92mb	(c)
Cr53	Eriksson / B11 7 Rau / B14 7 empfohlen	1968	0.47mb	(b)
		1966	0.37±0.0026mb	
			>0.35mb	(c)
Cr54	Eriksson / B11 7 Rau / B14 7 empfohlen	1968	0.015mb	(b)
		1966	0.0047±0.0008mb	
			>0.004mb	(c)
Fe54	Mellish / B86 7	1958	23mb	rel. $\bar{\sigma}(S^{32}(n,p))=30mb$
	Shuman, Mewherter / B94 7	1958	15mb	
	Rochlin / B87 7	1959	56mb	rel. $\bar{\sigma}(Al^{27}(n,\alpha))=0.60mb$
	Pasell, Heath / B88 7	1961	54mb	
	Hogg, Weber / B89 7	1962	65mb	rel. $\bar{\sigma}(Al^{27}(n,\alpha))=0.57mb$
	Ritzman, u.a. / B90 7	1962	51±7mb	rel. $\bar{\sigma}(S^{32}(n,p))=65mb$
	Martin, Clark / B91 7	1964	76±3mb	
	Carroll, Smith / B97 7	1965	67mb	
	Fabry, Deworn / B92 7	1965	68.5±3.8mb	
	Boldeman / B32 7	1964	66±3.5mb	rel. $\bar{\sigma}(S^{32}(n,p))=60mb$
	Carter / B33 7	1966		$\bar{\sigma}(Fe^{54}(n,p)) / \bar{\sigma}(Ni^{58}(n,p))$ =0.743±0.018
	Bresesti u.a. / B34 7	1967	65±2.3mb	rel. $\bar{\sigma}(Al^{27}(n,\alpha))=0.61mb$
	Nasyrov / B35 7	1968	67±9mb	rel. $\bar{\sigma}_f(Pu^{239})=1.85b$
	Eriksson / B11 7 empfohlen	1968	75.8mb 71mb	(b) (c)
Fe56	Mellish u.a. / B86 7	1958	0.44mb	rel. $\bar{\sigma}(S^{32}(n,p))=30mb$
	Passell, Heath / B88 7	1961	0.82mb	
	Hogg, Weber / B89 7	1962	0.71mb	rel. $\bar{\sigma}(Al^{27}(n,\alpha))=0.57mb$
	Fabry, Deworn / B92 7	1965	1.02±0.05mb	
	Boldeman / B32 7	1964	0.90±0.05mb	rel. $\bar{\sigma}(S^{32}(n,p))=60mb$
	Bresesti / B34 7	1967	0.93±0.032mb	rel. $\bar{\sigma}(Al^{27}(n,\alpha))=0.61mb$
	Nasyrov / B35 7	1968	0.96±0.09mb	rel. $\bar{\sigma}_f(Pu^{239})=1.85mb$
	Eriksson / B11 7 empfohlen	1968	1.02mb 1.03mb	(b) (c)

- (a) $\chi(E)=U^{235}$ (Spaltspektrum)
 (b) berechnet
 (c) aus empfohlener Kurve errechnet

Tabelle 7 (Fortsetzung)

Target	Referenz	Jahr	$\bar{\sigma}$	Bemerkungen
Fe57	Eriksson / B11 7 empfohlen	1968	0.77mb >0.62mb	(b) (c)
Fe58	empfohlen		>0.25mb	(c)
Ni58	Trice u.a. / B93 7 Mellish u.a. / B98 7 Shuman, Mewhertter / B94 7 Mellish u.a. / B99 7 Rochlin / B87 7 Passel, Heath / B88 7 Mellish / B95 7 Roy / B96 7 Boldeman, Nicholson / B97 7 Hogg, Weber / B89 7 Fabry, Deworm / B92 7 Boldeman / B32 7 Carter / B33 7 Bresesti / B34 7 Nasyrov / B35 7 Eriksson / B11 7 empfohlen	1955 1956 1957 1957 1959 1961 1961 1961 1963 1965 1964 1966 1967 1968 1968	66.4mb 45mb 40mb 45mb 140mb 92mb 90mb 102mb 102±3mb 90mb 95mb 105±5mb 91.5±3.2mb 96±13mb 142.2mb 105mb	rel. $\bar{\sigma}_p(S^{32})=30mb$ rel. $\bar{\sigma}_p(S^{32})=30mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{Al^{27}}(Al^{27})=0.60mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{Al^{27}}(Al^{27})=0.60mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{S^{32}}(S^{32})=60mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{S^{32}}(S^{32})=60mb$ rel. $\bar{\sigma}_p(Al^{27})=0.57mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{S^{32}}(S^{32})=65±3mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{S^{32}}(S^{32})=60mb$ $\bar{\sigma}(Fe^{54}(n,p))/\bar{\sigma}(Ni^{58}(n,p))$ =0.743±0.018 rel. $\bar{\sigma}_p^{Al^{27}}(Al^{27})=0.61mb$ rel. $\bar{\sigma}_f^{Pu^{239}}(Pu^{239})=1.85b$ (b) (c)
Ni60	Eriksson / B11 7 Paulsen / B28 7 Nasyrov / B35 7 Hogg, Weber / B101 7 Rochlin / B87 7 Robinson, Fink / B100 7 Shuman, Mewhertter / B94 7 Mellish u.a. / B99 7 empfohlen	1968 1967 1967 1963 1959 1959 1957 1957	3.14mb 2.3±0.3mb 1.69±0.18mb <0.5mb <2.0mb <4.5mb 0.56mb 5.0mb 2.1mb	(b) (b) rel. $\bar{\sigma}_f^{Pu^{239}}(Pu^{239})=1.85mb$ rel. $\bar{\sigma}_f^{Al^{27}}(Al^{27})=0.57mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{Al^{27}}(Al^{27})=0.60mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{S^{32}}(S^{32})=30mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^{S^{32}}(S^{32})=30mb$ (c)
Ni61	empfohlen		>1.6mb	(c)
Ni62	empfohlen		>0.13mb	(c)
Ni64	empfohlen		>0.002mb	(c)

(b) berechnet
(c) aus empfohlener Kurve errechnet

Tabelle 8

Werte für $\bar{\sigma}_{n,2n}(\chi(E))$ (a)

Target	Referenz	Jahr	$\bar{\sigma}$	Bemerkungen
Cr50	Pearlstein / B112_7	1965	2.8 μ b	(b)
Cr52	Pearlstein / B112_7	1965	0.023mb	(b)
Cr53	Pearlstein / B112_7	1965	1.1mb	(b),(c)
Cr54	Pearlstein / B112_7	1965	0.23mb	(b),(c)
Fe54	Pearlstein / B112_7	1965	0.001mb	(b)
Fe56	Pearlstein / B112_7	1965	0.043mb	(b),(c)
Fe57	Pearlstein / B112_7	1965	1.3mb	(b),(c)
Ni58	Pearlstein / B112_7 Shuman, Mewherter / B94_7	1965 1957	2.0 μ b 12 μ b	(b)
Ni60	Pearlstein / B112_7	1965	3.4 μ b	(b),(c)
Ni61	Pearlstein / B112_7	1965	1.1mb	(b),(c)
Ni62	Pearlstein / B112_7	1965	0.11mb	(b),(c)
Ni64	Pearlstein / B112_7	1965	0.31mb	(b),(c)

- (a) $\chi(E) = U^{235}$ (Spaltspektrum)
 (b) berechnet
 (c) = empfohlener Wert

Tabelle 9

Werte für $\bar{\sigma}_{n,\alpha}(\chi(E))$ (a)

Target	Referenz	Jahr	$\bar{\sigma}$	Bemerkungen
Cr50	Eriksson / B11_7 empfohlen	1968	1.50 mb	(b)
			1.48 mb	(c)
Cr52	Eriksson / B11_7 empfohlen	1968	0.15 mb	(b)
			0.21 mb	(c)
Cr53	Eriksson / B11_7	1968	0.42 mb	(b)
Cr54	Eriksson / B11_7	1968	0.024mb	(b)
Fe54	Mellish / B86_7 Nasyrov / B35_7 Eriksson / B11_7 empfohlen	1958 1968 1968	0.37 mb	rel. $\bar{\sigma}_p(S^{32})=30mb$
			0.50±0.15mb	rel. $\bar{\sigma}_p^f(Pu^{239})=1.85mb$
			0.84mb	(b)
			0.89mb	(c)
Fe56	Eriksson / B11_7	1968	0.39 mb	(b)
Fe57	Eriksson / B11_7	1968	0.72 mb	(b)
Ni58	Eriksson / B11_7 Shuman, Mewhert̄er / B94_7 empfohlen	1968 1957	6.96 mb	(b)
			0.17 mb 6.2 mb	(c)
Ni60	Eriksson / B11_7 empfohlen	1968	0.77 mb	(b)
			0.9 mb	(c)
Ni61	empfohlen		0.2 mb	(c)
Ni62	Shuman, Mewherter / B94_7 Mellish u.a. / B86_7 Rochlin / B87_7	1957 1958 1959	0.013mb	rel. $\bar{\sigma}_p(S^{32})=30mb$
			0.025mb	
			0.14mb	
Ni	Weitman, Daverhög / B104_7	1968	4.2 mb	$\bar{\sigma}_p(Ni^{58}) = 91.5mb$ rel. $\bar{\sigma}_p^f(Ti^{46}) = 10.2mb$ $\bar{\sigma}_p^f(Cu^{63}) = 0.47mb$

- (a) $\chi(E) = U^{235}$ (Spaltspektrum)
(b) berechnet
(c) aus empfohlener Kurve errechnet

Tabelle 10

Vorgeschlagene Genauigkeiten der empfohlenen Querschnitte

Querschnitt	Energiebereich	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$ (%)	Bemerkungen
Cr σ_T	10-15 MeV	< $\pm 3\%$	
σ_p	bis 15 MeV	$\pm 30\%$ ^{+10%} _{-20%}	unter 12MeV: $\pm 30\%$
σ_α	bis 15 MeV	$\pm 30\%$	keine exp.Daten für das Hauptisotop
σ_{2n}	bis 15 MeV	$\pm 30-10\%$	bis 13MeV: $\pm 30\%$, 13-15MeV: $\pm 10\%$
σ_γ	1 -15MeV	$\pm 30\%$	exp.Wert zur Normierung: $\frac{\Delta\sigma_\gamma}{\sigma_\gamma} = \pm 20\%$
σ_n	10-15 MeV	$\pm 10\%$	
σ_x	10-15 MeV	$\pm 10\%$	
$\sigma_{n'}$	10-15 MeV	$\pm 10-15\%$	(1)
Fe σ_T	10-15 MeV	< $\pm 3\%$	
σ_p	bis 15 MeV	$\pm 10-15\%$	vgl. [A1_7]
σ_α	bis 15 MeV	$\pm 30\%$	keine exp.Daten für das Hauptisotop
σ_{2n}	bis 15 MeV	$\pm 30\%$	keine exp.Daten;nur statist. Theorie Schätzung
σ_γ	1 -15 MeV	$\pm 30\%$	exp.Wert zur Normierung: $\frac{\Delta\sigma_\gamma}{\sigma_\gamma} = \pm 20\%$
σ_n	10-15 MeV	$\pm 8\%$	
σ_x	10-15 MeV	$\pm 8\%$	
$\sigma_{n'}$	10-15 MeV	$\pm 8-15\%$	(1)
Ni σ_T	10-15 MeV	< $\pm 3\%$	
σ_p	bis 15 MeV	$\pm 10-15\%$	vgl. [A1_7]
σ_α	bis 15 MeV	$+20\%$ bis $\pm 20\%$ -60%	ein exp.Wert bei 14 MeV
σ_{2n}	bis 15 MeV	$\pm 30\%$	keine exp.Daten;nur statist. Theorie Schätzung
σ_γ	1 -15 MeV	$\pm 50\%$	wegen schwieriger Trennung von DC und ST Anteil bei Normierung
σ_n	10-15 MeV	$\pm 10\%$	
σ_x	10-15 MeV	$\pm 10\%$	
$\sigma_{n'}$	10-15 MeV	$\pm 10-15\%$	(1)

(1) enthält alle nichtelastischen Prozesse ausgenommen σ_p , σ_α , σ_{2n} .

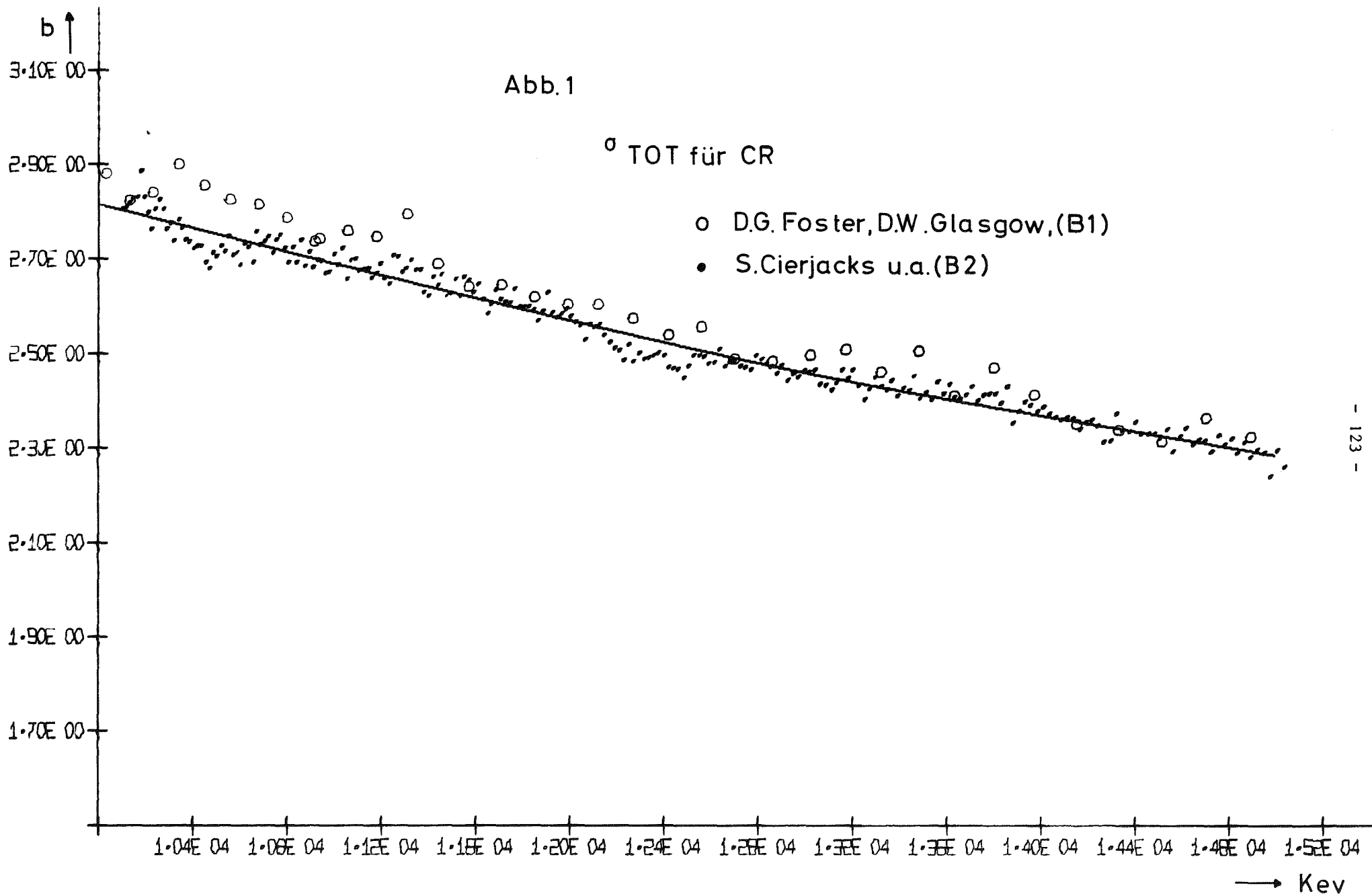
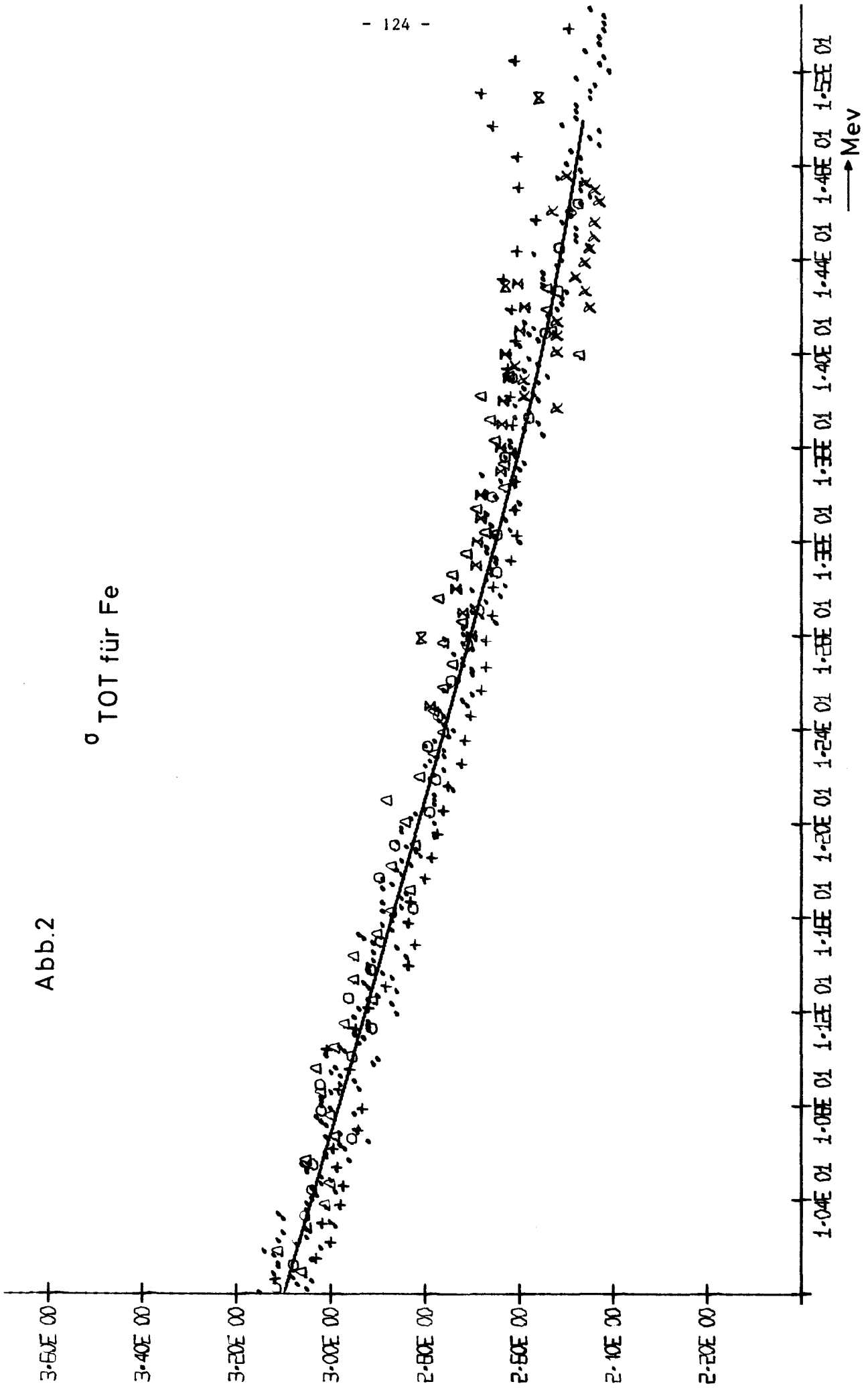


Abb.2

σ TOT für Fe



σ TOT für Fe

- Cierjacks u.a. (B 2)
 - o Foster, Glasgow (B1)
 - + Galloway, Shrader (B4)
 - * Vervier, Martegani (B8)
 - ⊠ Mc Callum u.a.(B9)
 - Δ Manero u.a.(B7
 - ⊗ Albergotti, Ferguson (B 3)
 - ◇ Western u.a.(B5)
- Mev

Abb. 3

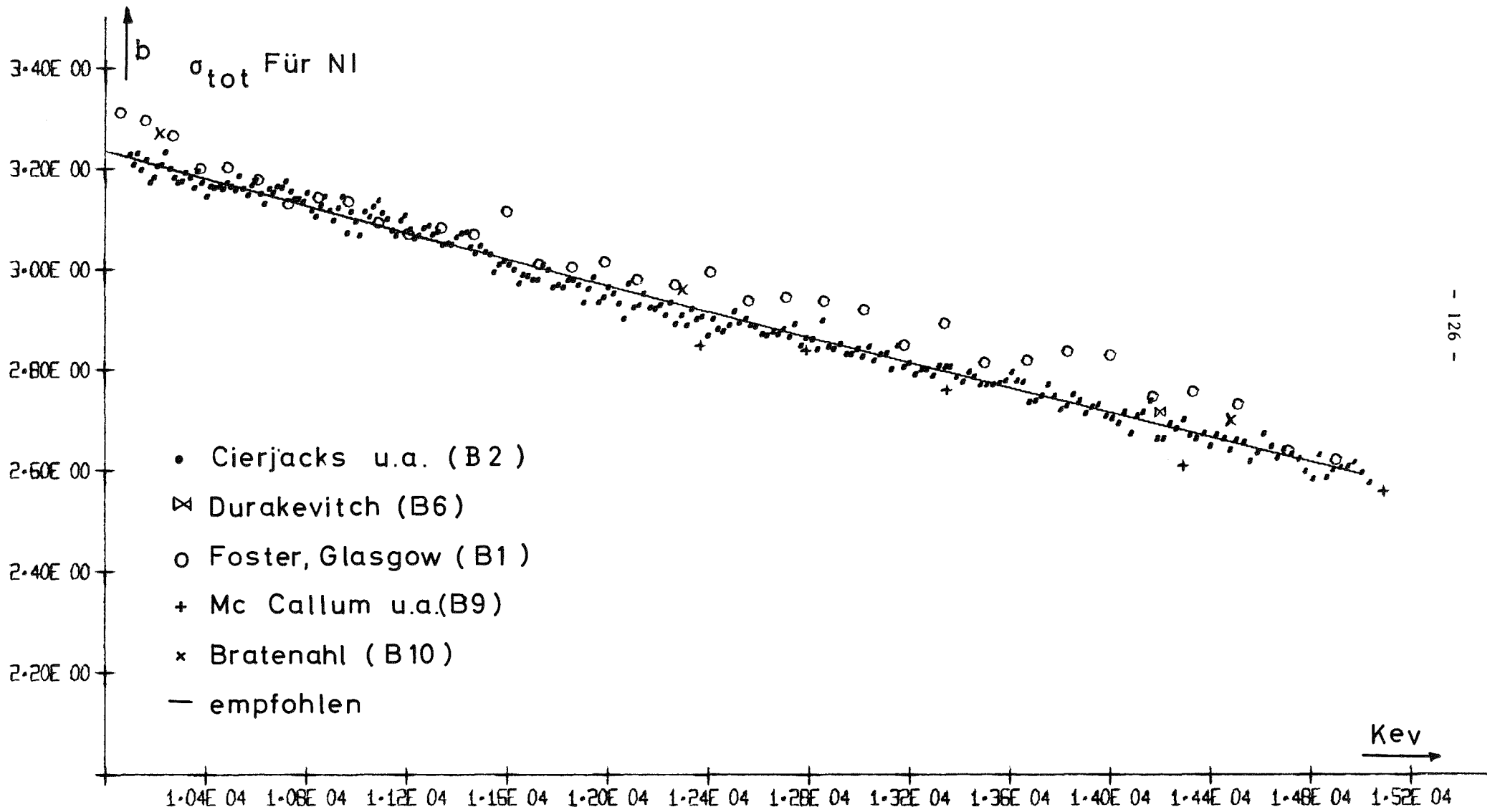


Abb.4

$\sigma_{n,p}$ Für CR50

- Eriksson (B11)
- Gardner (B16)
- + Allan (B45)
- × Levkovskij (B46)
- ⊞ Büttner u.a. (B50)
- + Bisher empfohlen (A1)
- derzeit empfohlen

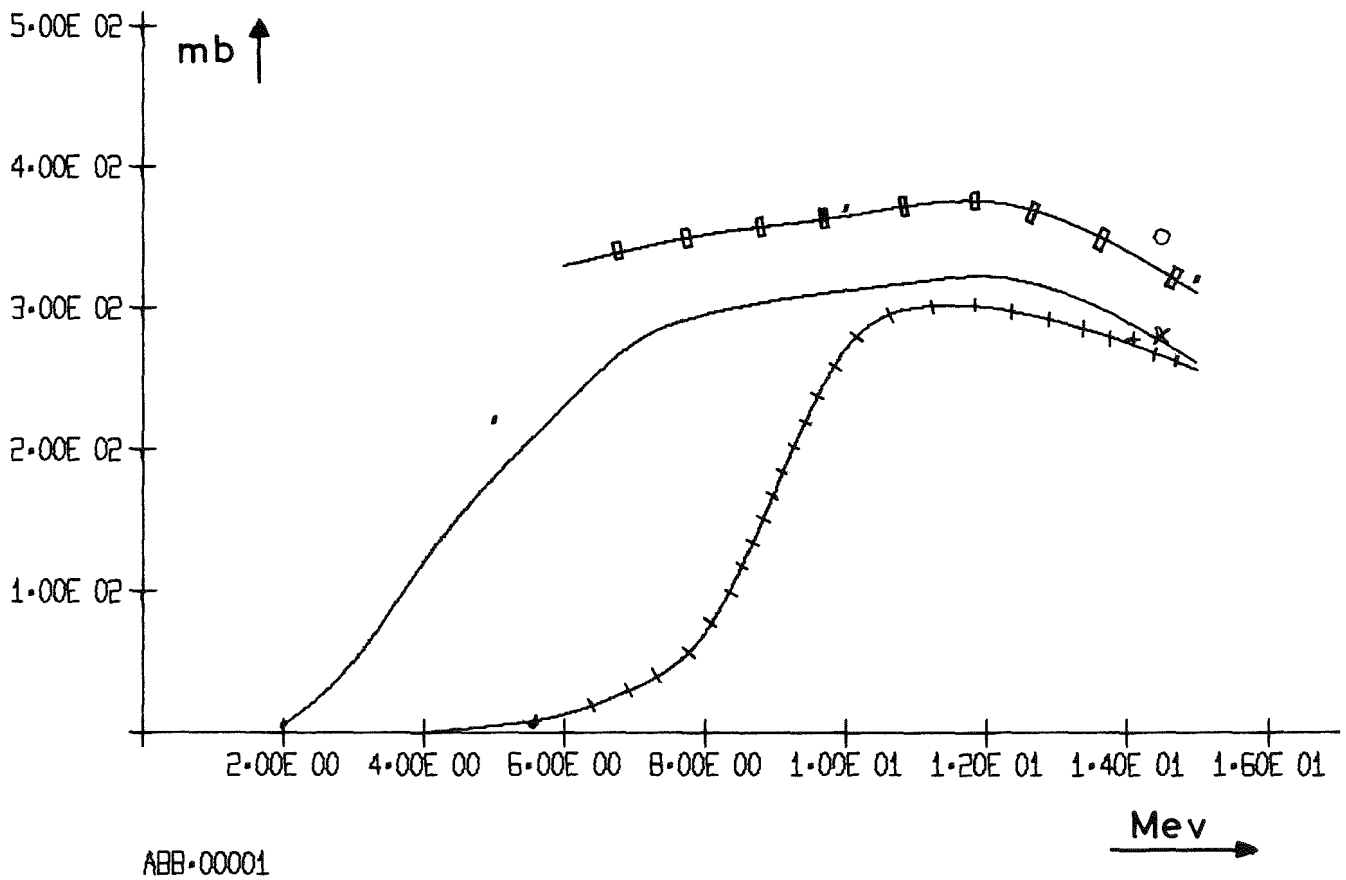


Abb.5

σ_{n,p} Für CR 52

- Ferguson u.a. (B53)
- Wilhelmi (B44)
- + Nellis (B38)
- * Paul, Clarke (B37)
- ⊗ Husain, Kuroda (B13)
- △ Allan (B45)
- ⊗ Khurana, Govil (B48)
- ◇ Mitra, Ghose (B12)
- ▽ Strain, Ross (B26)
- Eriksson (B11)
- ⊕ Gardner (B16)
- Ferguson (B52)
- ▼ Mukherjee (B51)
- ▼ Chittenden (B47)
- ⊕ Büttner (B50)
- bisher empfohlen
- derzeit empfohlen

Abb. 5

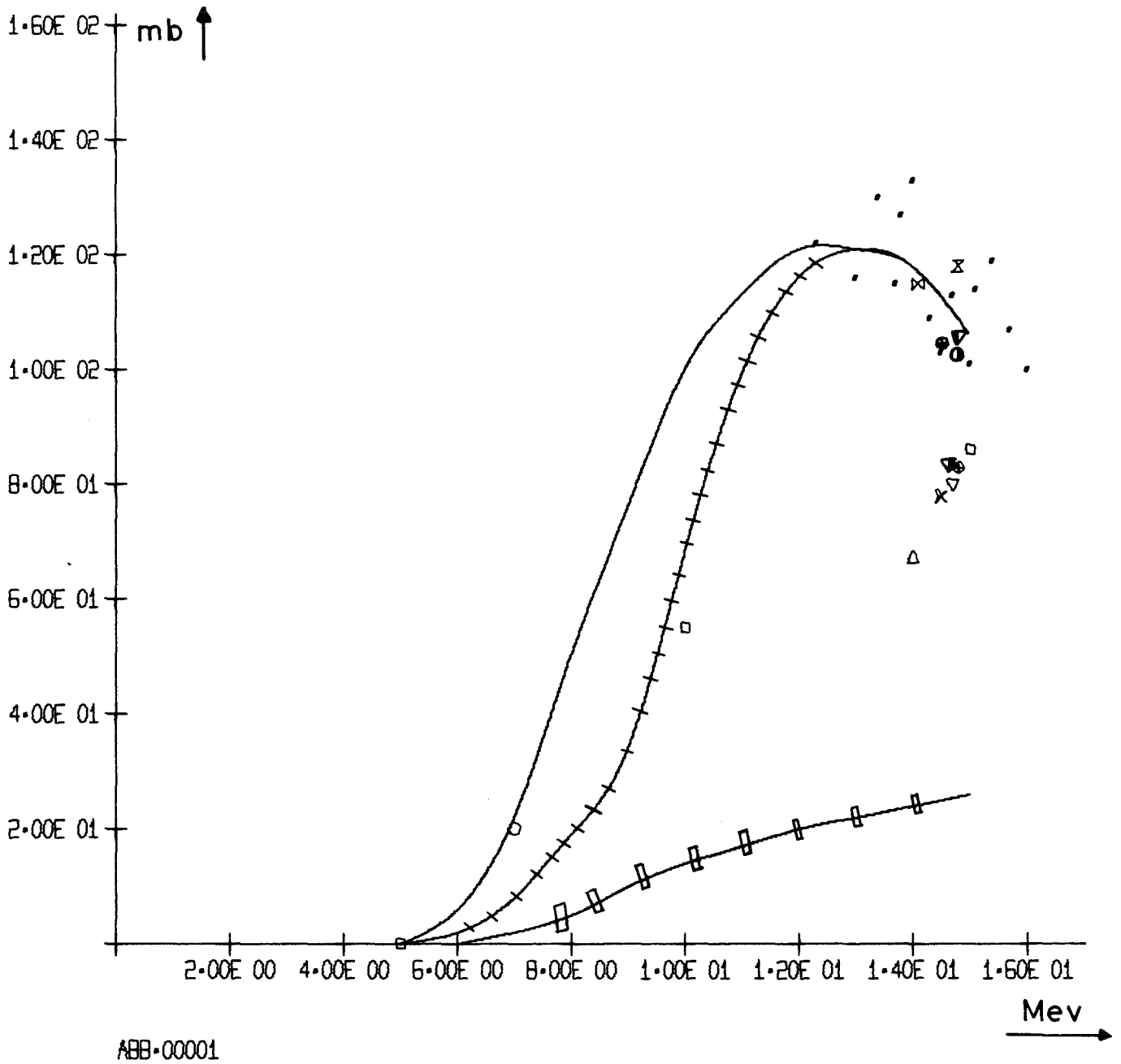


Abb. 6
 $\sigma_{n,p}$ Für CR53

- Gardner (B16)
- Eriksson(B11)
- + Allan (B45)
- × Levkovskij (B46)
- ⊠ Husain, Kuroda (B13)
- △ Nellis(B38)
- empfohlen (A1)
- = derzeit empfohlen

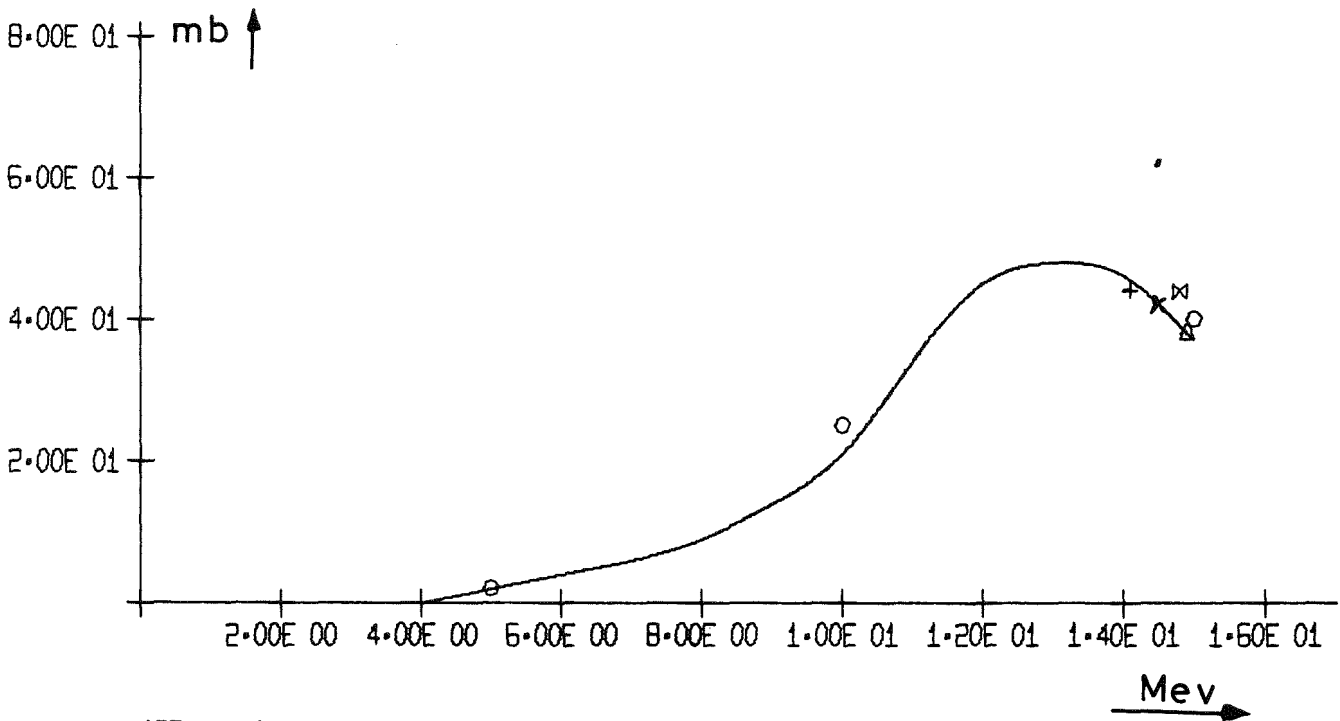


ABB-00001

Abb.7

$\sigma_{n,p}$ Für Cr 54

- Eriksson (B11)
- Gardner (B16)
- + Husain, Kuroda (B13)
- empfohlen

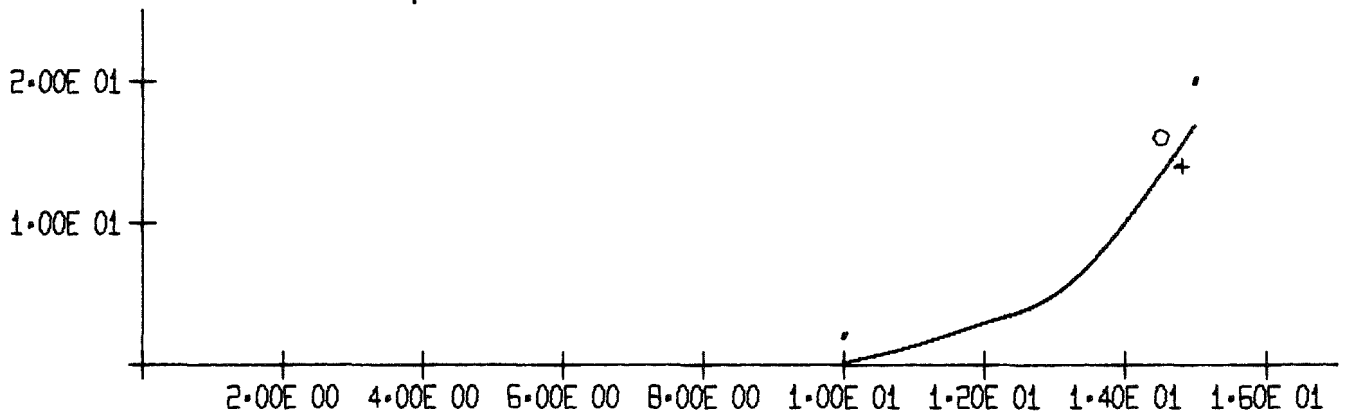


ABB-00001

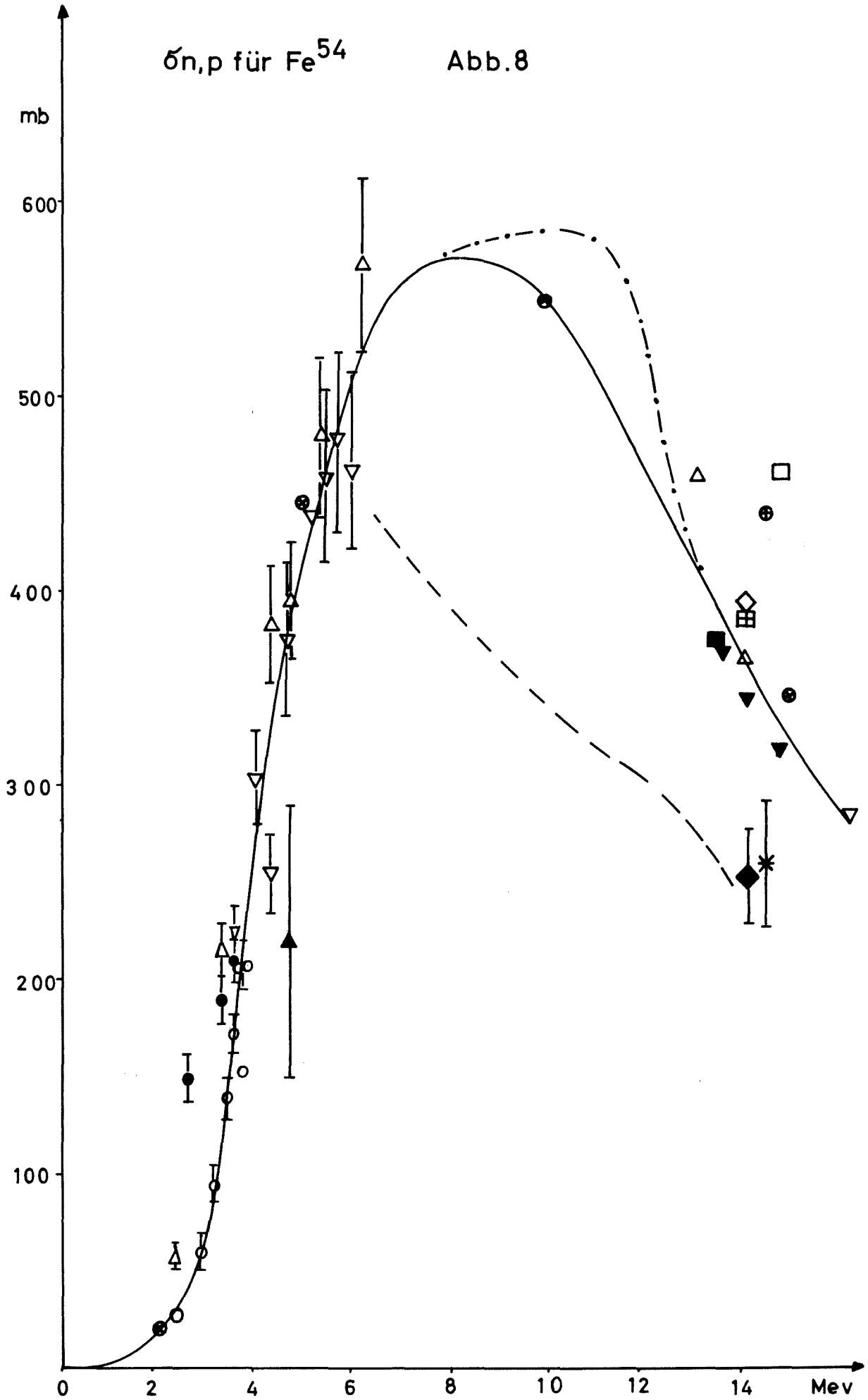
Abb. 8

σ_{n,p} für Fe 54

- March, Morton, (B54)
- Lauber, Malm skog, (55)
- ▲ Jonson ua. (B56)
- ▽ Carroll, Smith (B 57)
- van Loef, (58)
- △ Salisbury, Chalmers, (B59)
- ▼ Cross, Clarke, (B 60)
- ▣ Allan, (B45)
- ◇ Allan, (B 61)
- ◆ Pollehn, Neuert, (B 62)
- Chittenden, (B 63)
- Büttner, (B50)
- Eriksson, (B11)
- * Rao, Fink, (B 21)
- Gardner, (B16)
- empfohlen, KFK120, 1966 (A1)
- jetzt empfohlen, 7,5 Mev bis 13,5 Mev

$\sigma_{n,p}$ für Fe^{54}

Abb.8



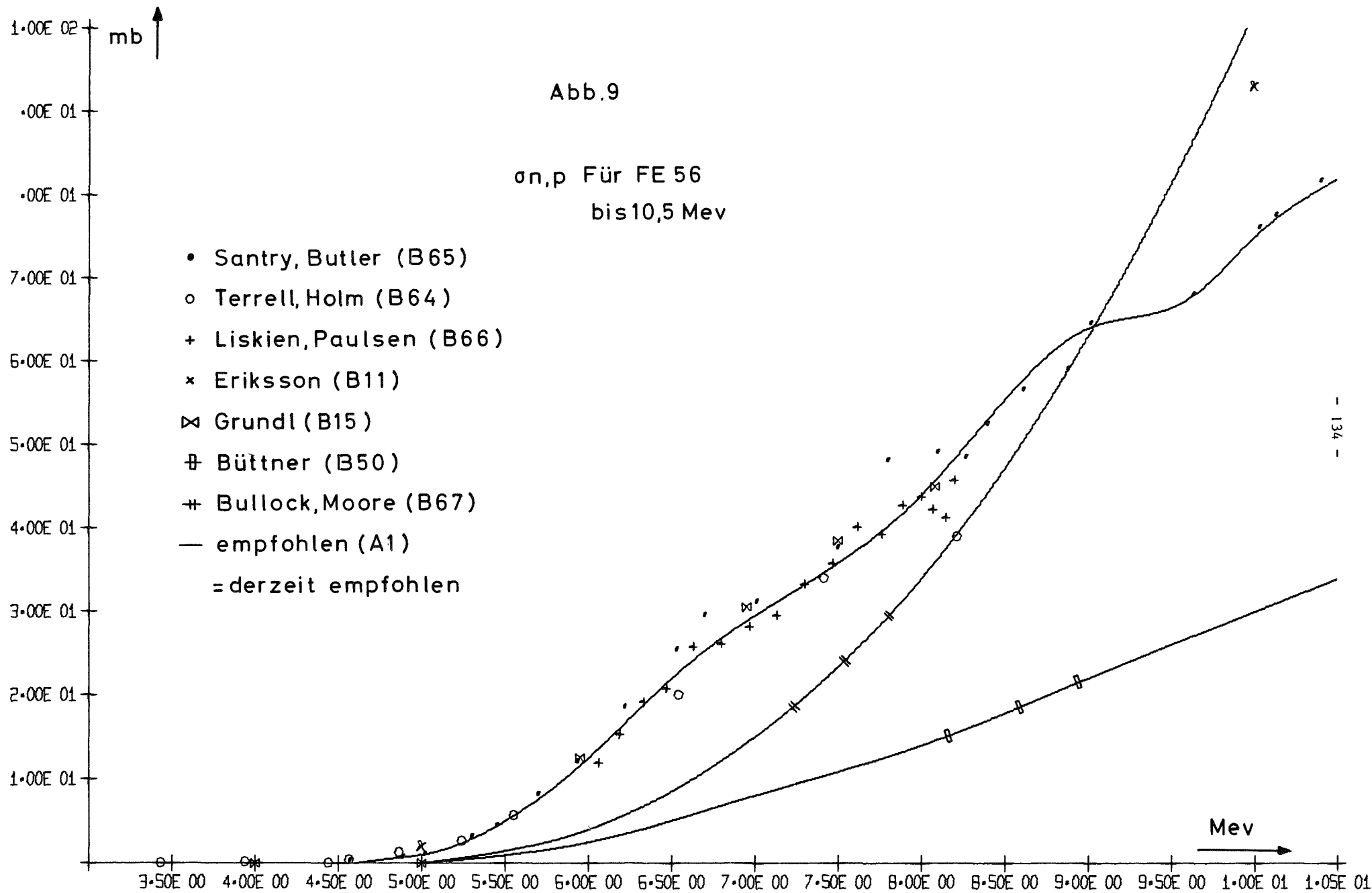


Abb.10

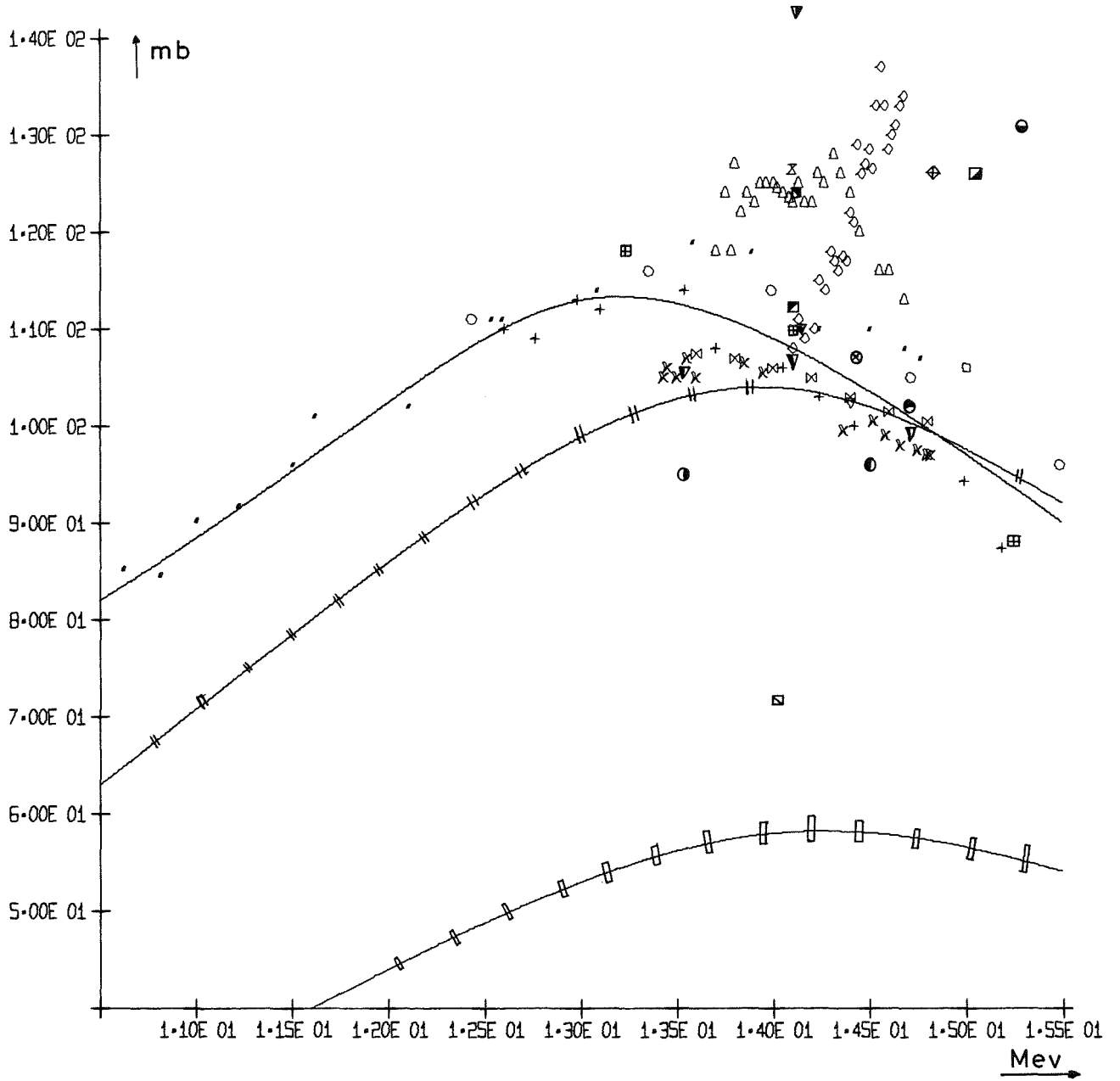


ABB-00001

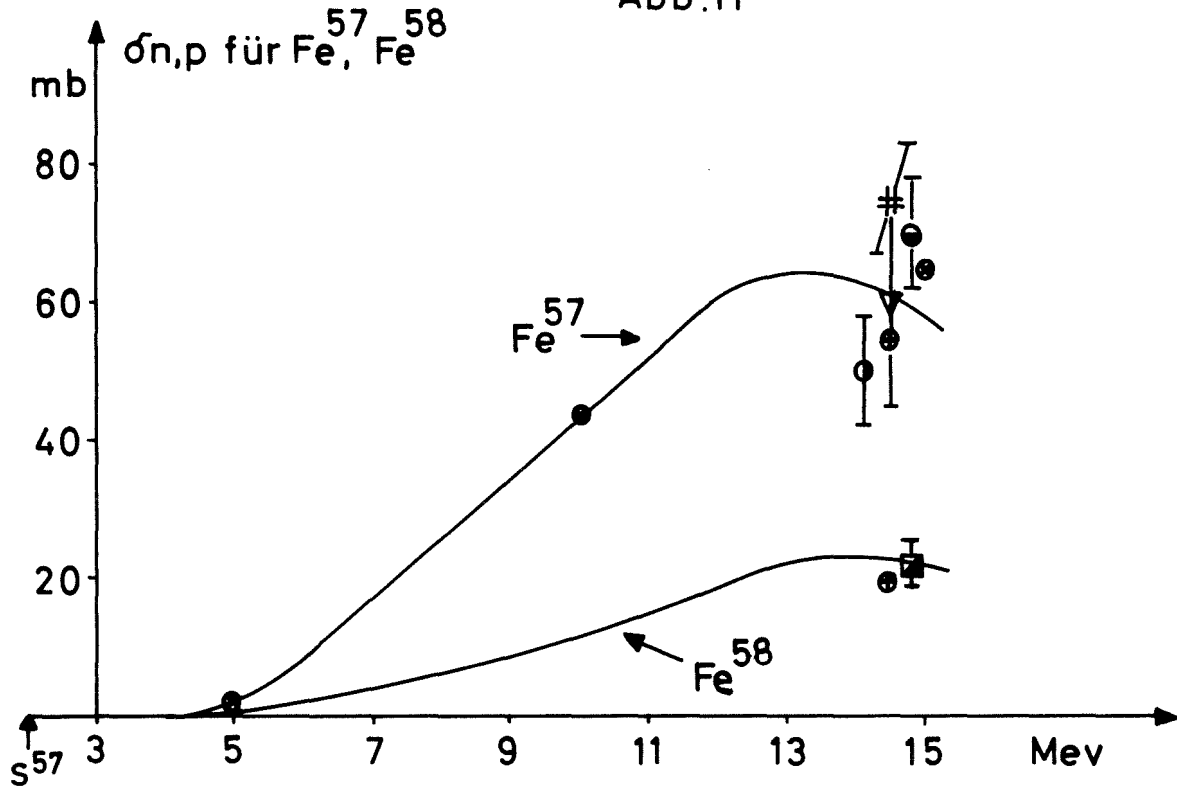
Abb. 10

$\sigma_{n,p}$ für Fe^{56}

10,5 bis 15,5 Mev

- Santry, Butler (B65)
- Terrell, Holm (B64)
- + Liskien, Paulsen (B66)
- * Hemingway (B68)
- ✕ Vonach u.a. (B18)
- △ Cuzzocrea (B19)
- ⊗ Grundl (B15)
- ◇ Strohal (B31)
- ▽ Hassler, Peck (B17)
- Levkovskij (B20)
- Pollehn, Neuert (B62)
- Ferguson u.a. (B53)
- Paul, Clarke (B37)
- Strain, Ross (B26)
- ▽ Cross, Clarke (B60)
- March, Morton (129)
- Forbes (B130)
- ▽ Yasumi (B131)
- Mc Lure, Kent (B132)
- ⊗ Gabbard, Kern (B133)
- ⊞ Bormann u.a. (B134)
- Depraz u.a. (B115)
- ◆ Chittenden u.a. (B63)
- ⊞ Büttner (B50)
- ⊞ $\frac{1}{2}$ * Bullock, Moore (B67)
- empfohlen (A1)
- = derzeit empfohlen

Abb.11



● Pollehn, Neuert (B 62)

● Fe^{57} Chittenden (B 63)

■ Fe^{58} " "

▼ Gardner, Poularikas (B 69)

⊗ Eriksson (B 11)

⊕ Gardner (B 16)

— empfohlen, KEK120 (1966) (A1) = jetzt empfohlen

Clarke, Cross (B 25)

Abb.12

$\sigma_{n,p}$ Für Ni 58, 0-4 Mev

- Barry (B71)
- Nakai (B72)
- + Konijn, Lauber (B73)
- × Decowski (B24)
- ⊗ Temperley (B27)
- ⊠ Eriksson (B11)
- △ Gonzales (B70)
- Meadows, Whalen (B74)
- J.J. Schmidt (A1)
- + Bullock, Moore (B75)

Abb.12

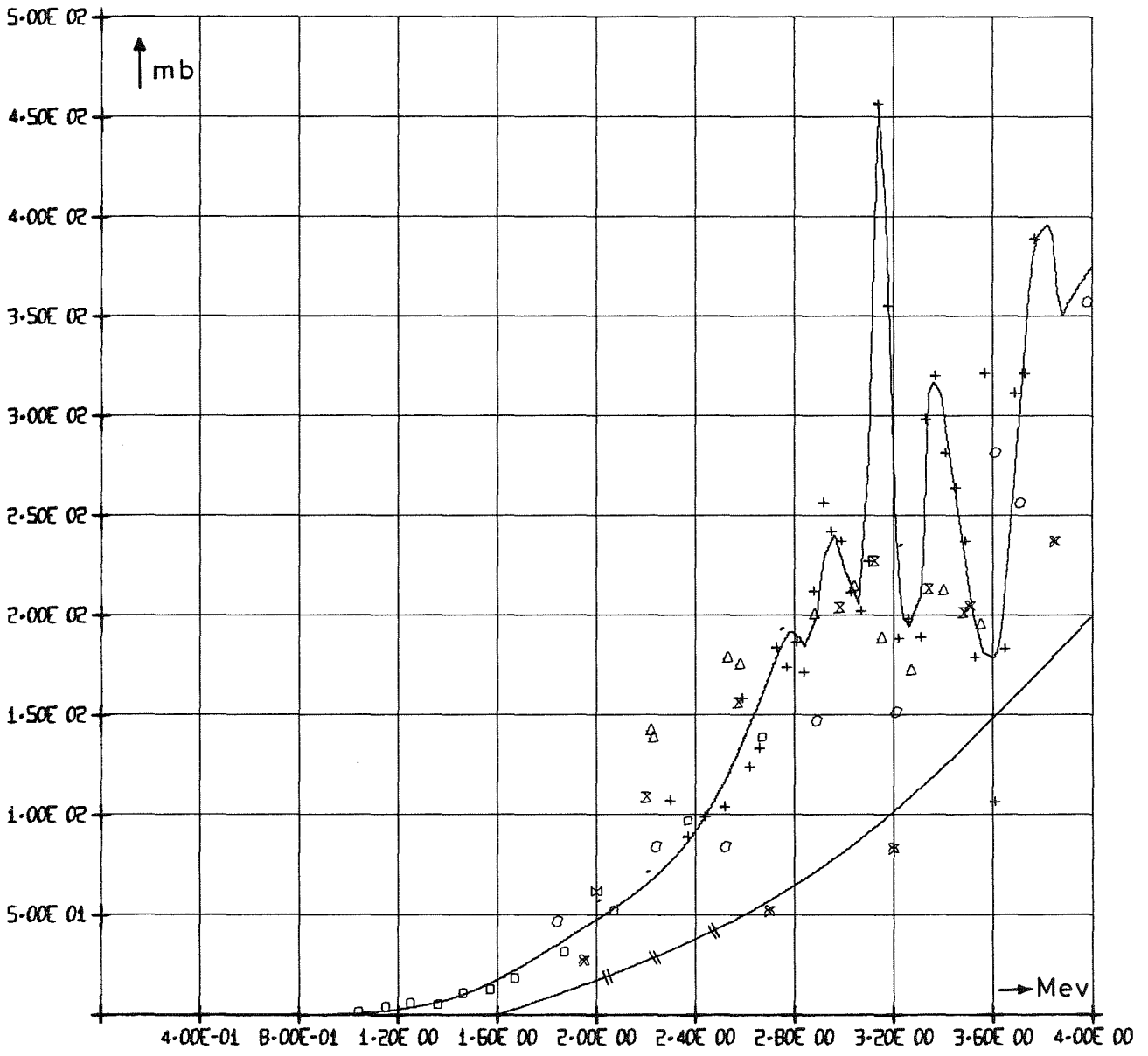


Abb.13

$\sigma_{n,p}$ Für Ni 58 4-9 Mev

- Barry (B71)
- Nakai (B72)
- + Debertin (B76)
- × Eriksson (B11)
- ⊕ Büttner u.a. (B50)
- ⊖ Bullock, Moore (B75)
- ⊕ KFK120 (A1)
- empfohlen
- = KFK120 (bis 7,7 Mev) (A1)

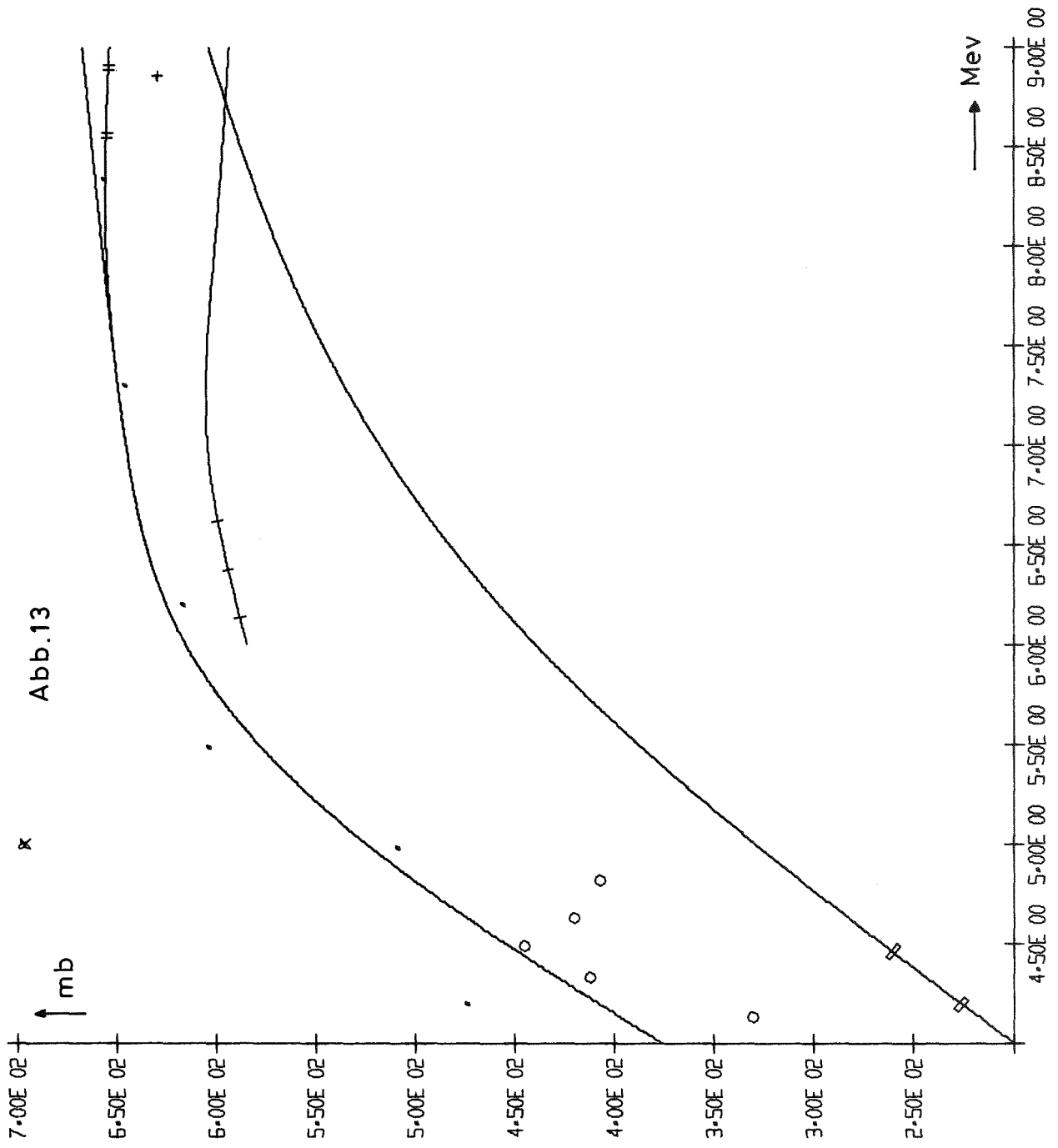


Abb.14

on,p Für Ni 58 9-16 Mev

- Temperley (B27)
- o Okumura (B 23)
- x Glover, Weigold (B 77)
- + Decowski u.a. (B24)
- ✕ Jeronymo u.a. (B 78)
- △ Bormann u.a. (B22)
- ⊗ Chojnacki u.a. (B79)
- ◇ Allan (B80)
- ▽ Purser, Titterton (B81)
- Strain, Ross (B26)
- + Büttner (B50)
- ⊕ Bullock, Moore (B 75)
- ⊕ KFK 120 (A1)
- empfohlen
- = KFK 120 ab 13 Mev

Abb.14

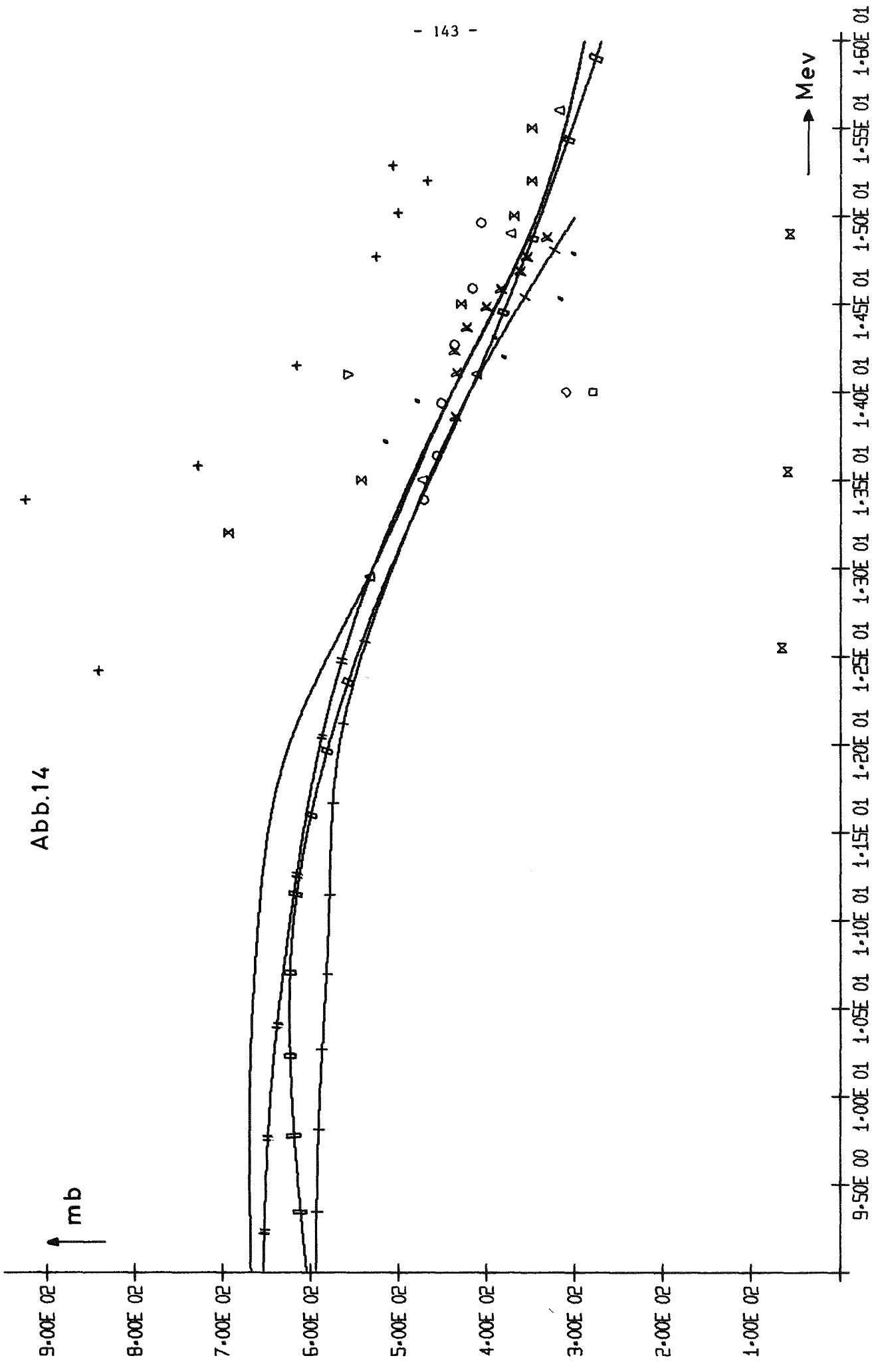


Abb.15

σ_n, p Für Ni 60

- Liskien, Paulsen (B 82)
- Liskien, Paulsen (B83)
- + Paulsen (B28)
- × Eriksson (B11)
- ⊗ Cross ,Clarke u.a. (B25)
- △ March, Morton (B 54)
- ⌘ Allan (B45)
- ◇ Gardner (B16)
- + Büttner (B50)
- KFK 120 (A1)

Abb. 15

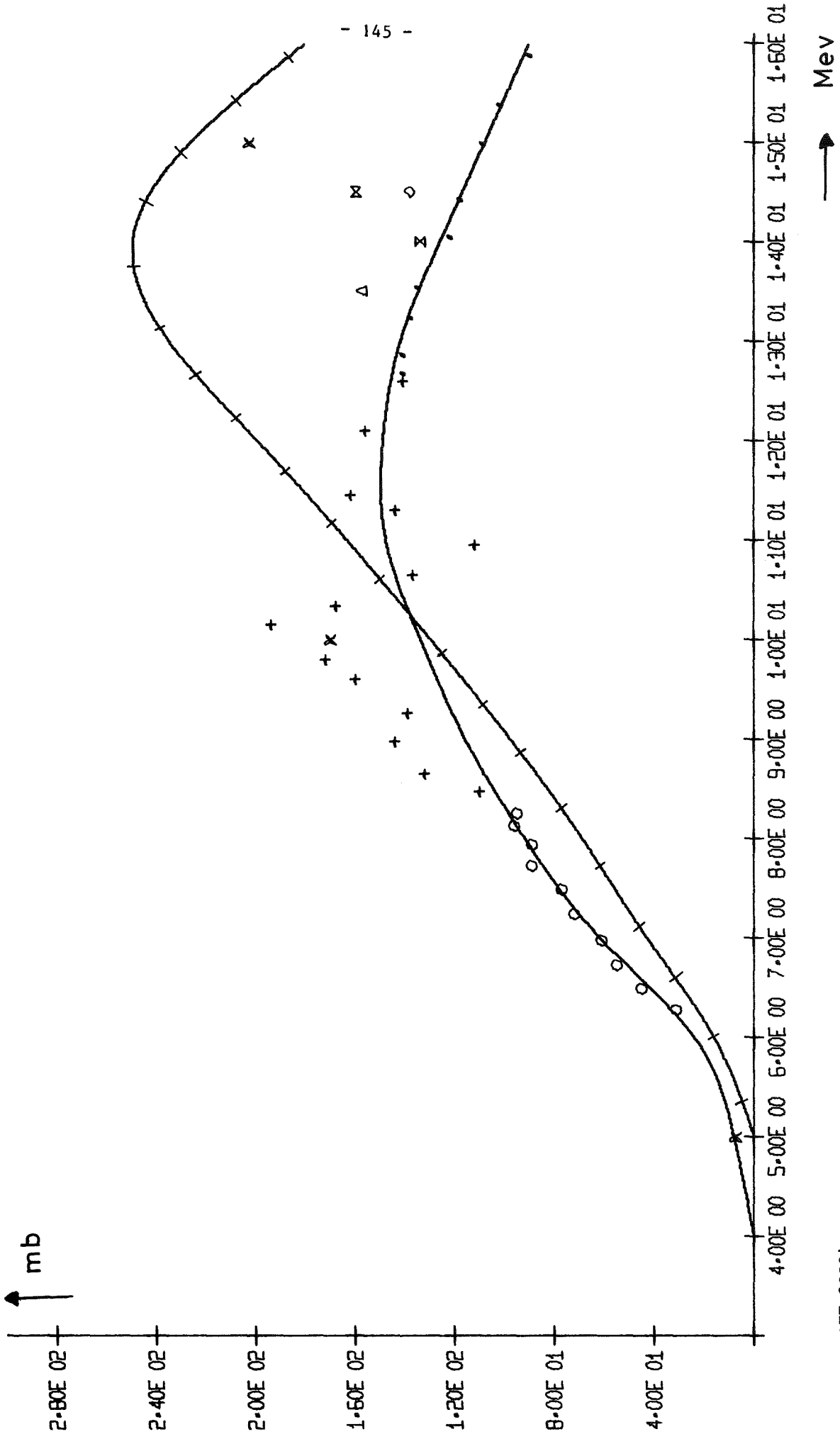


Abb.16
 $\sigma_{n,p}$ für Ni 61

- Levkovskij (B30)
- Clarke,Cross (B25)
- + Val'ter u.a. (B29)
- × Clarke,Cross (B60)
- ⊠ Paul,Clarke (B37)
- △ Preiss,Fink (B36)
- ⊗ Gardner (B16)
- empfohlen

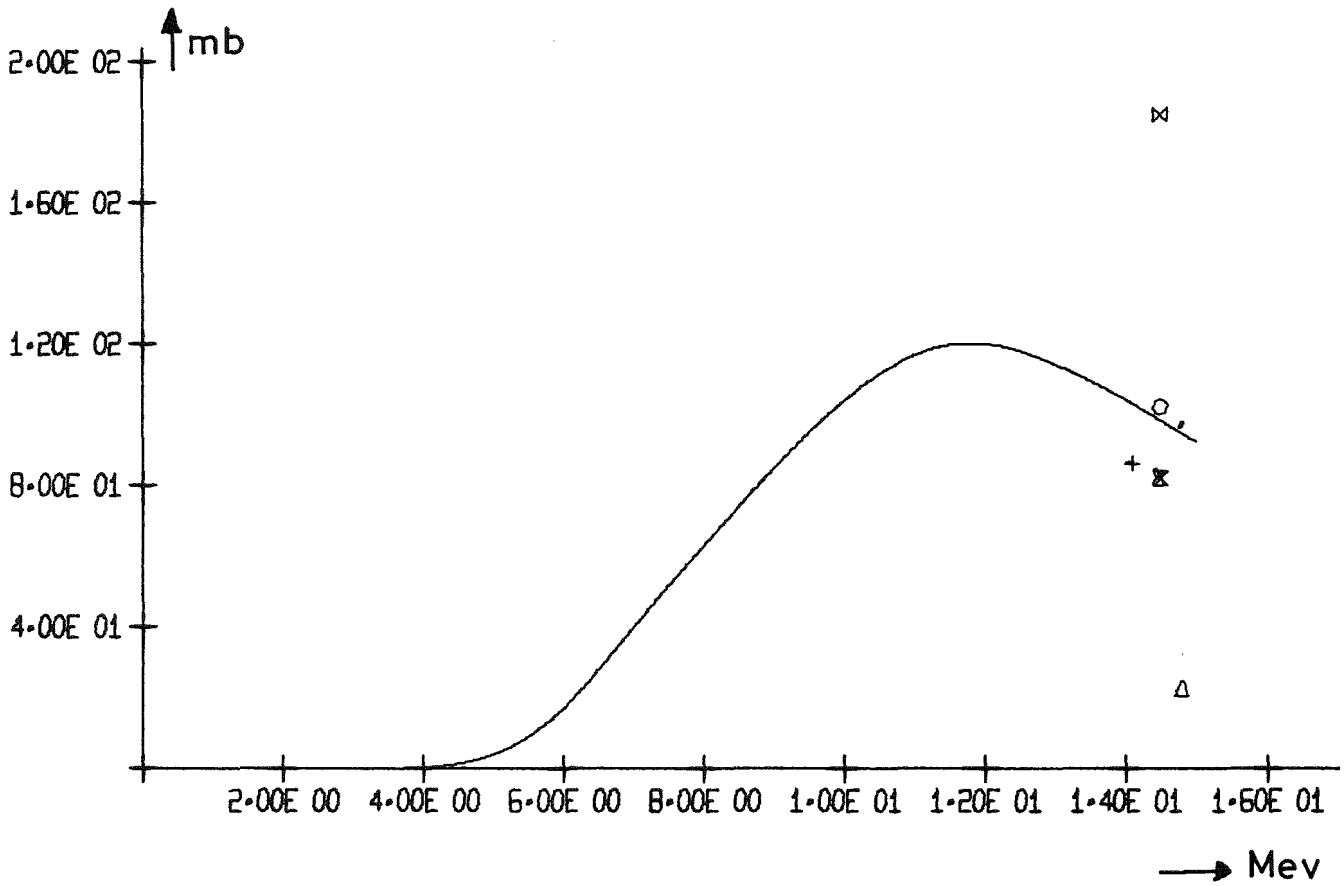


ABB-00001

Abb.17

$\sigma_{n,p}$ für Ni 62

- Strain,Ross (B26)
- Val'ter u.a. (B29)
- + Levkovskij (B30)
- × Clarke,Cross (B25)
- ⊠ Gardner (B16)
- △ Preiss,Fink (B36)
- ⊗ Pile,Ward,Kuroda (B84)
- empfohlen

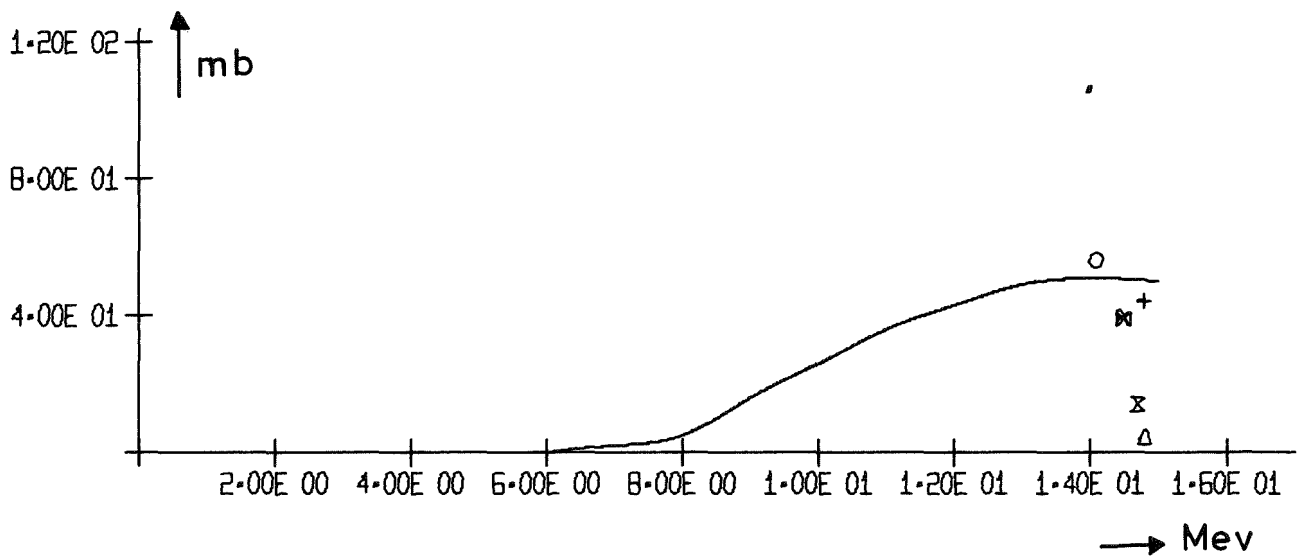
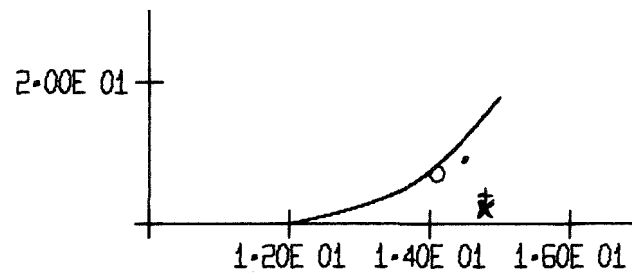


ABB-00001

Abb.18

$\sigma_{n,p}$ für Ni 64

- Gardner (B16)
- o Val'ter (B29)
- + Preiss-Fink (B36)
- x Pile,Ward,Kuroda (B84)
- empfohlen



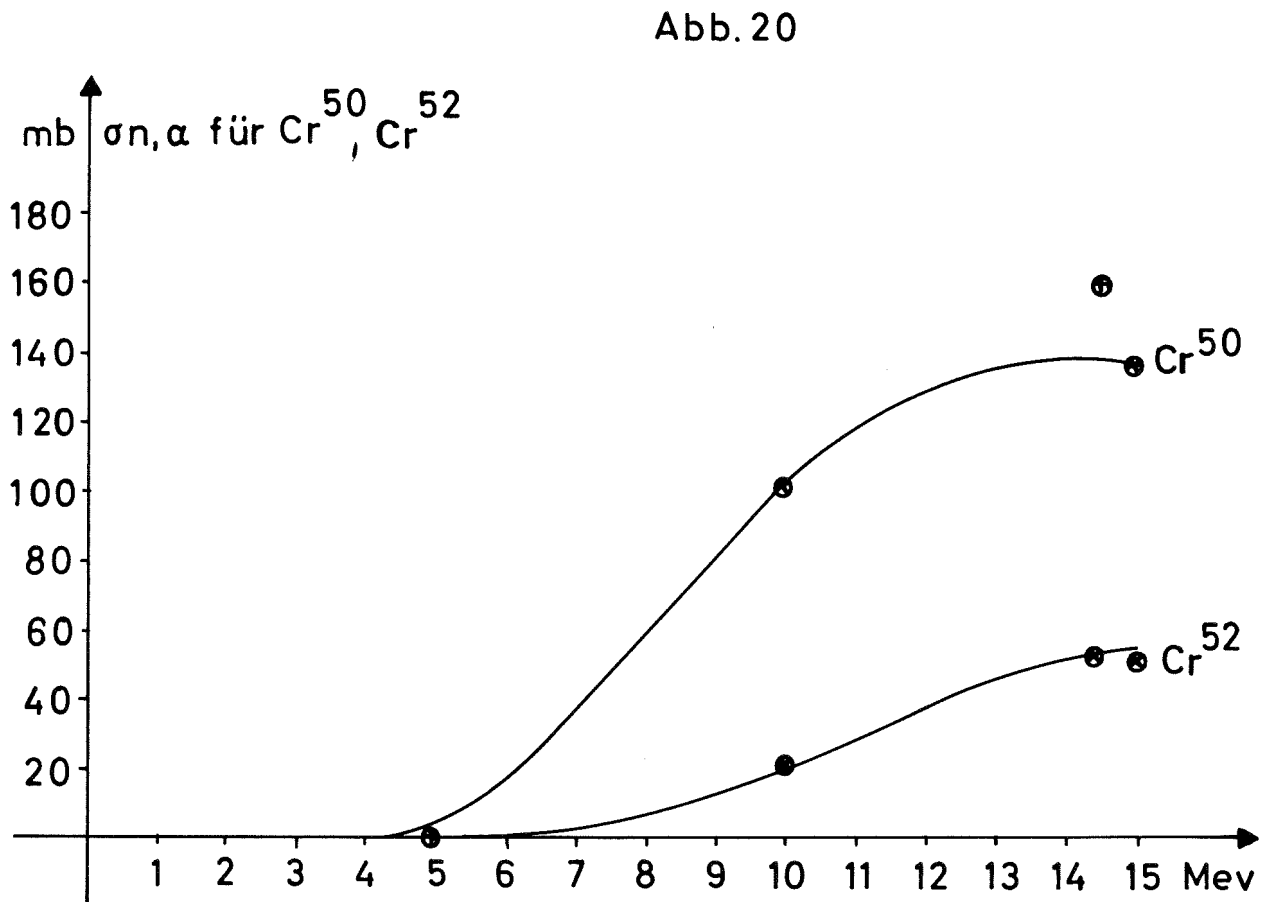
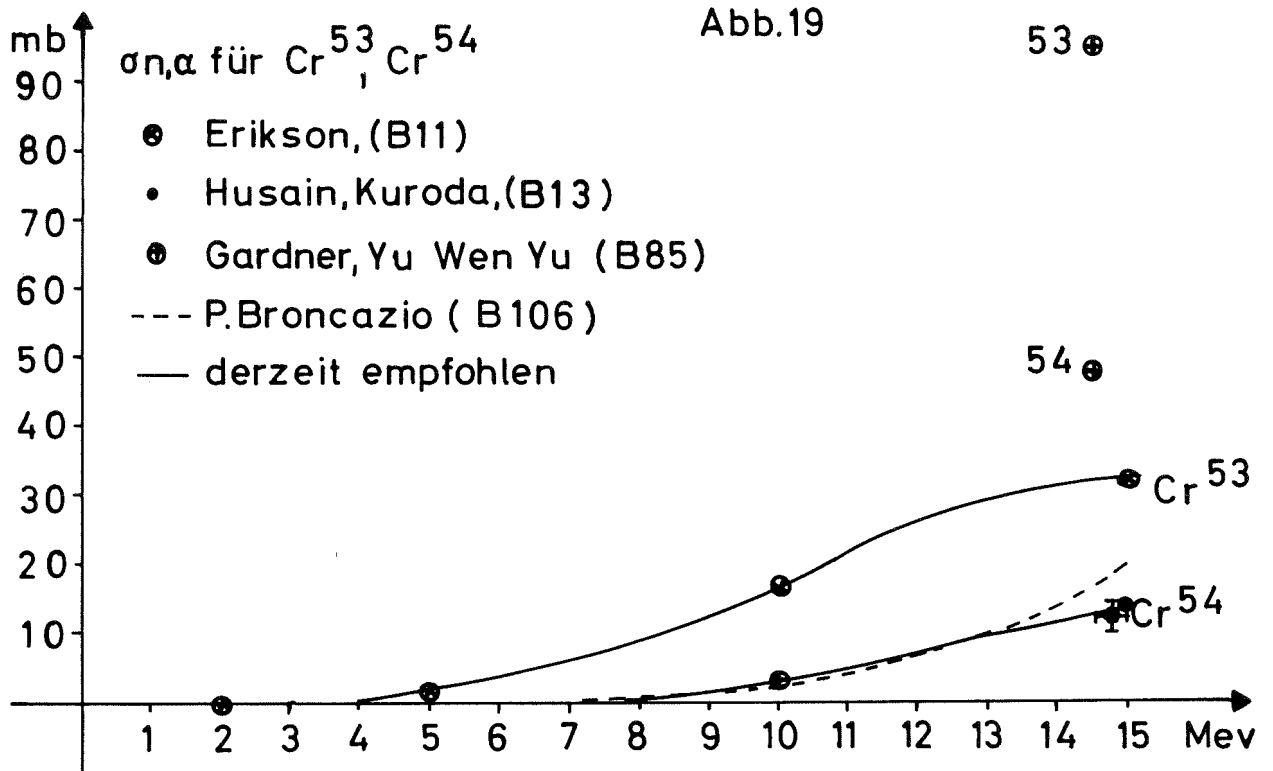
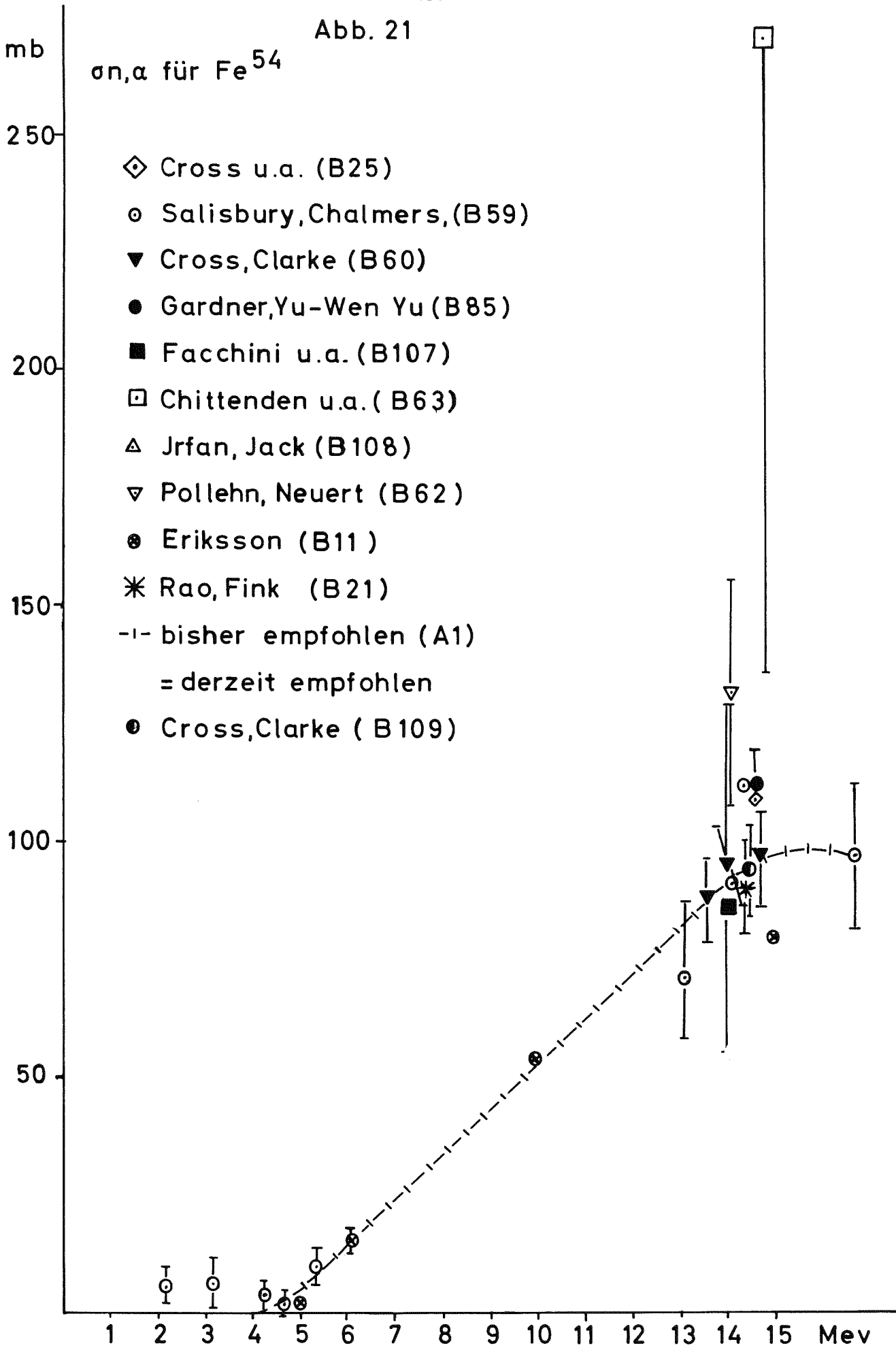


Abb. 21



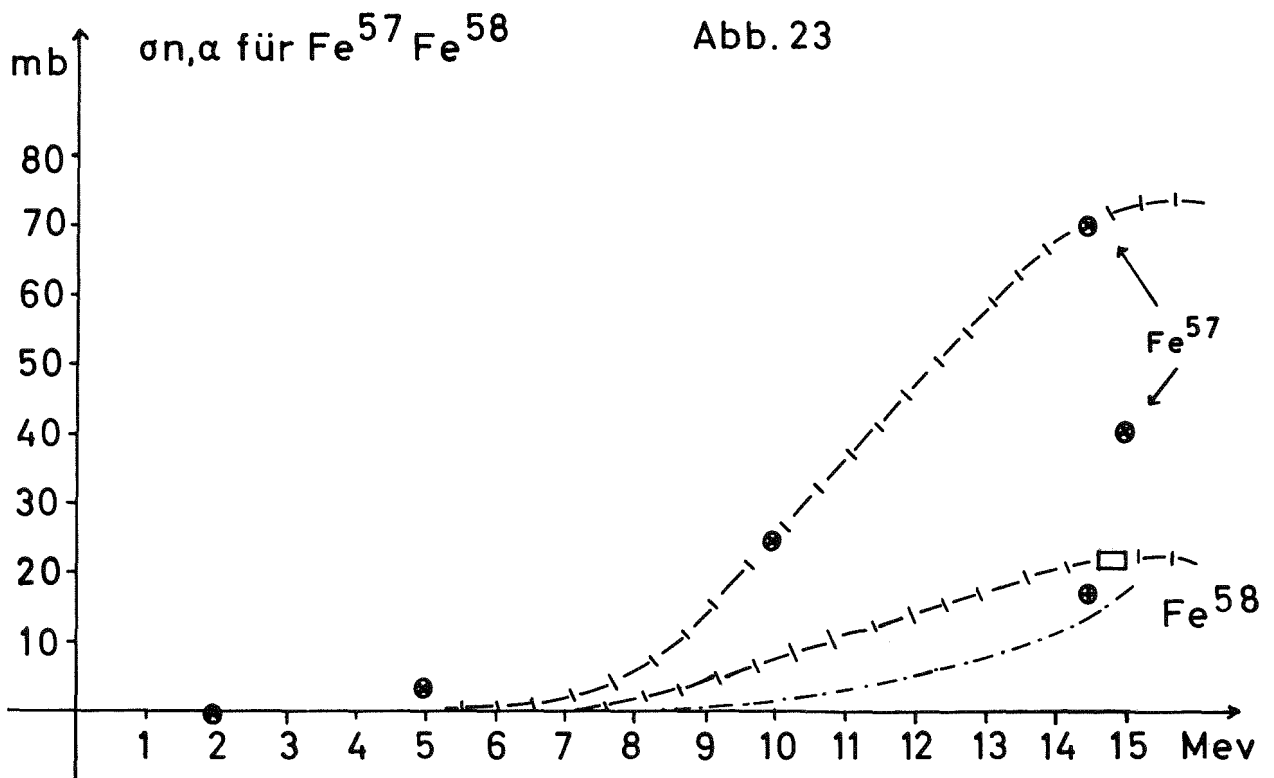
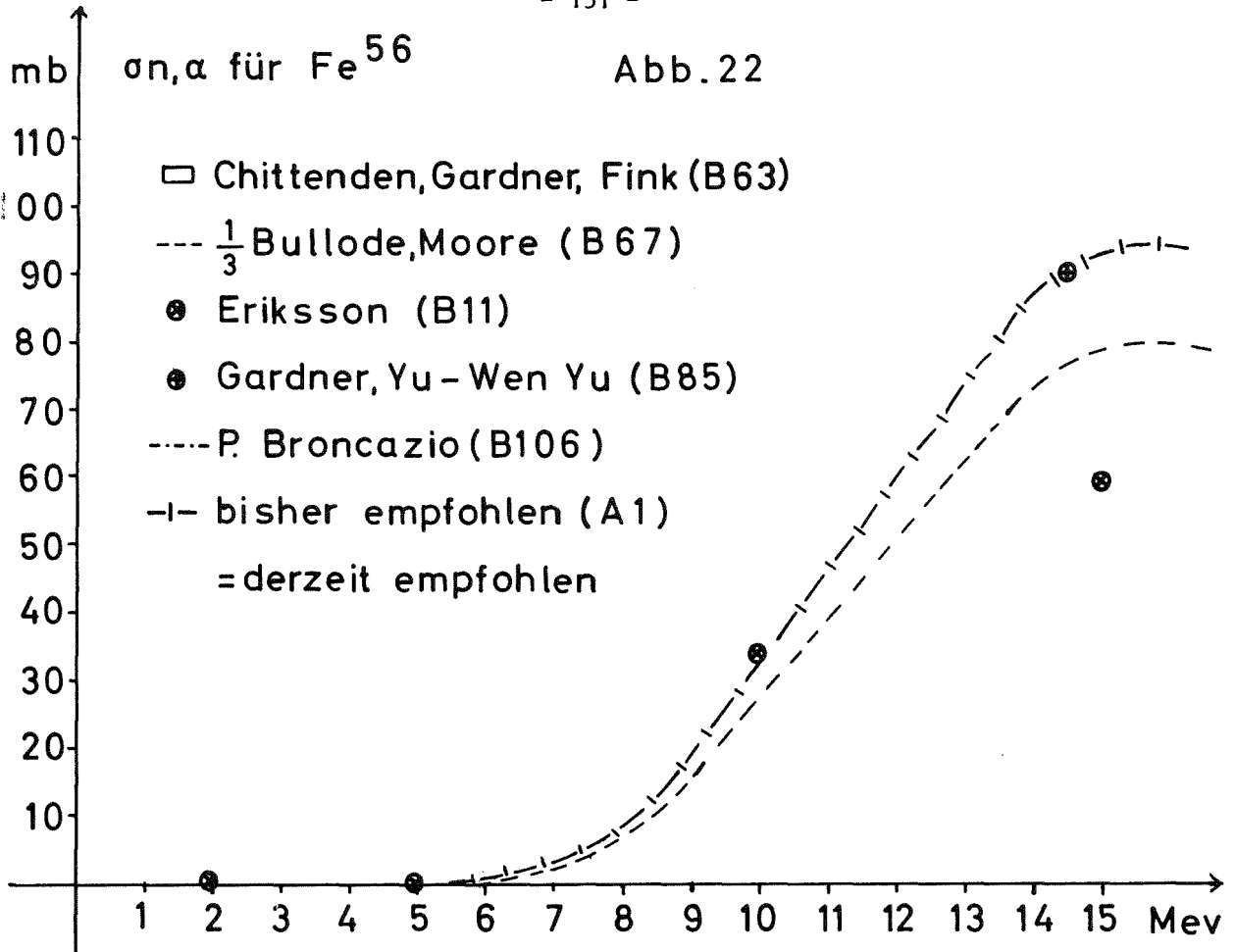


Abb. 24

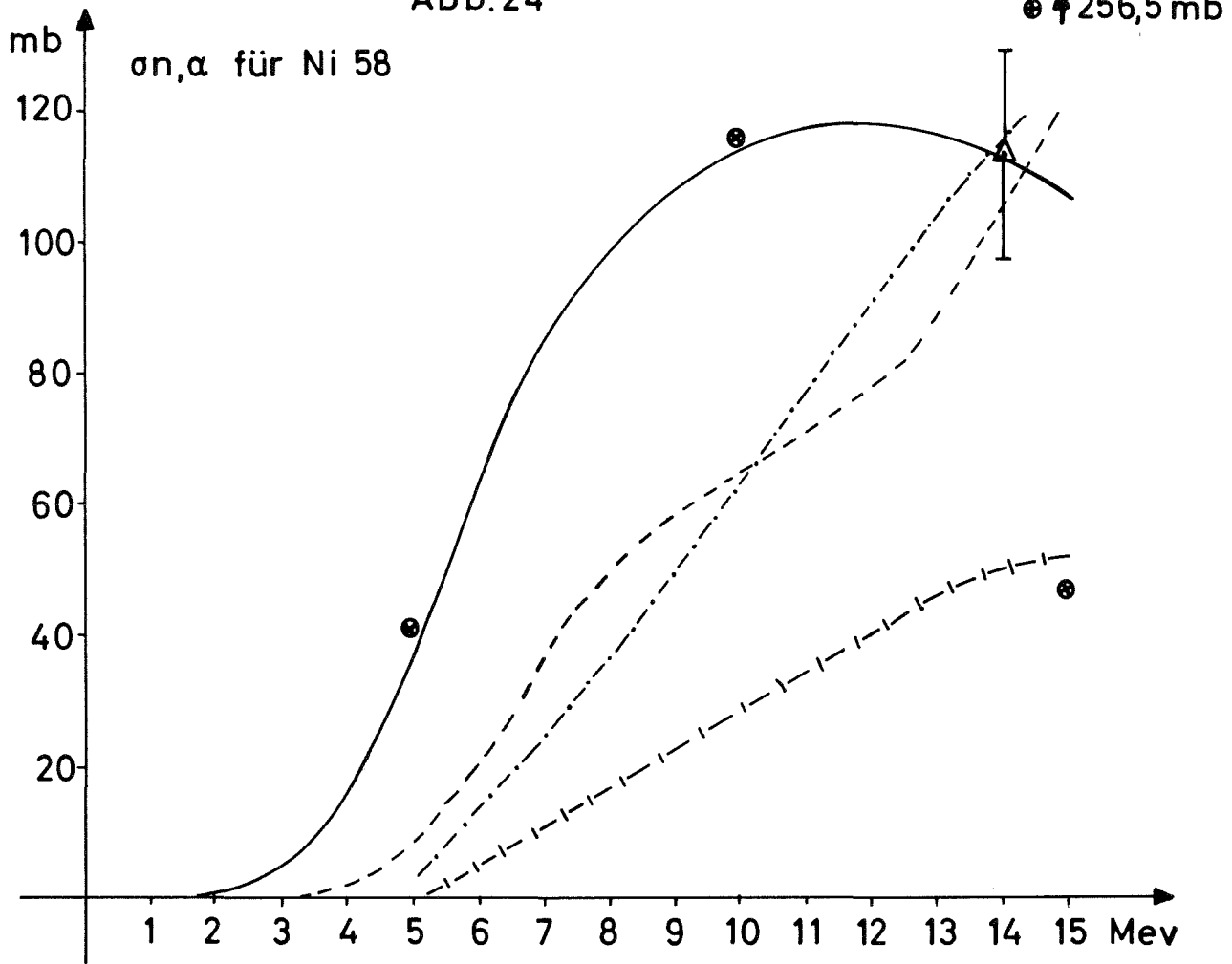


Abb. 25

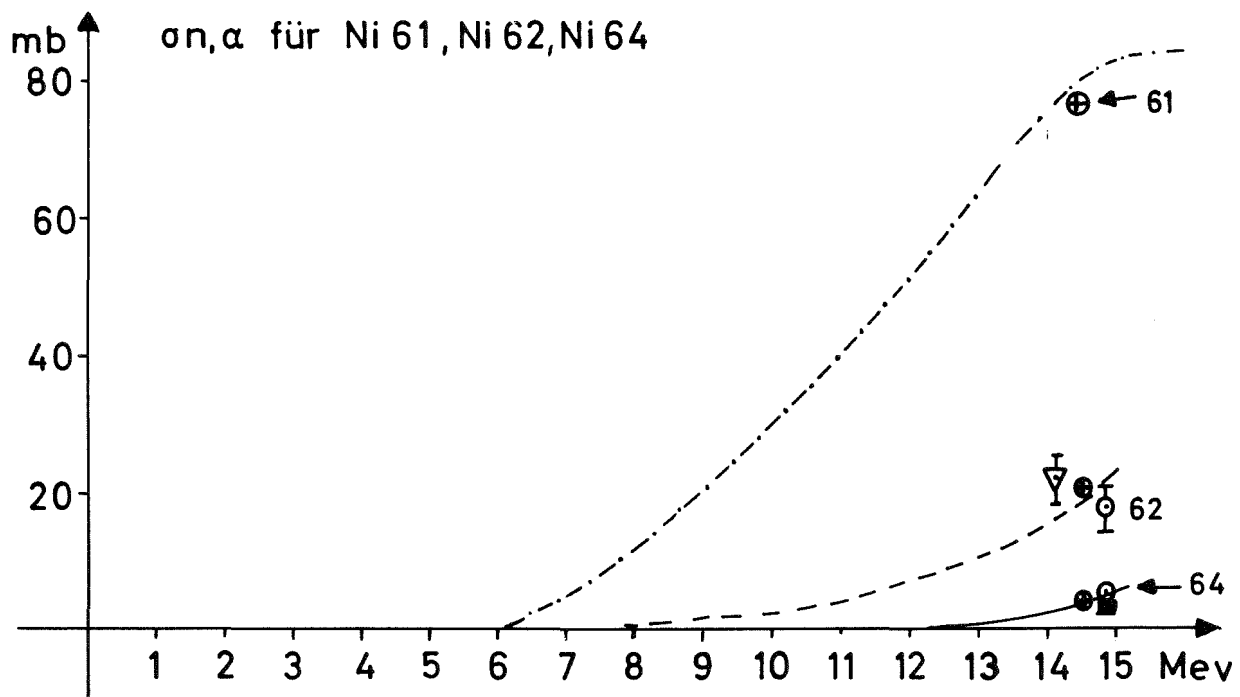


Abb. 24 - 25

- ⊙ Eriksson (B11)
- ⊙ Levkovskij (B20)
- ⊕ Gardner, Yu-Wen Yu (B85)
- △ Seebeck, Bormann (B102)
- ▽ Yu-Wen Yu, Gardner (B103)
- ⊠ Ward, Pile, Kuroda (B84)
- derzeit empfohlen
- Broncazio (B106)
- Büttner Ni⁵⁸: $\times \frac{1}{3}$ (B50)
- |- bisher empfohlen (A1)

Abb. 26

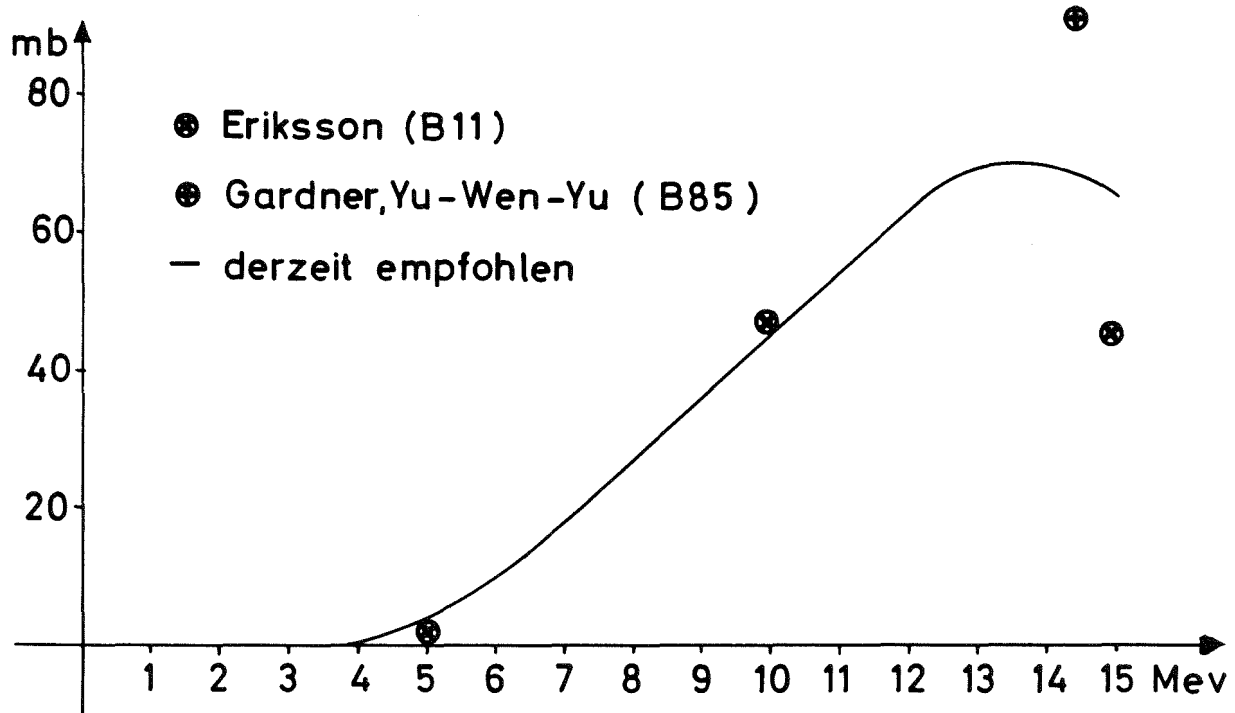


Abb. 27

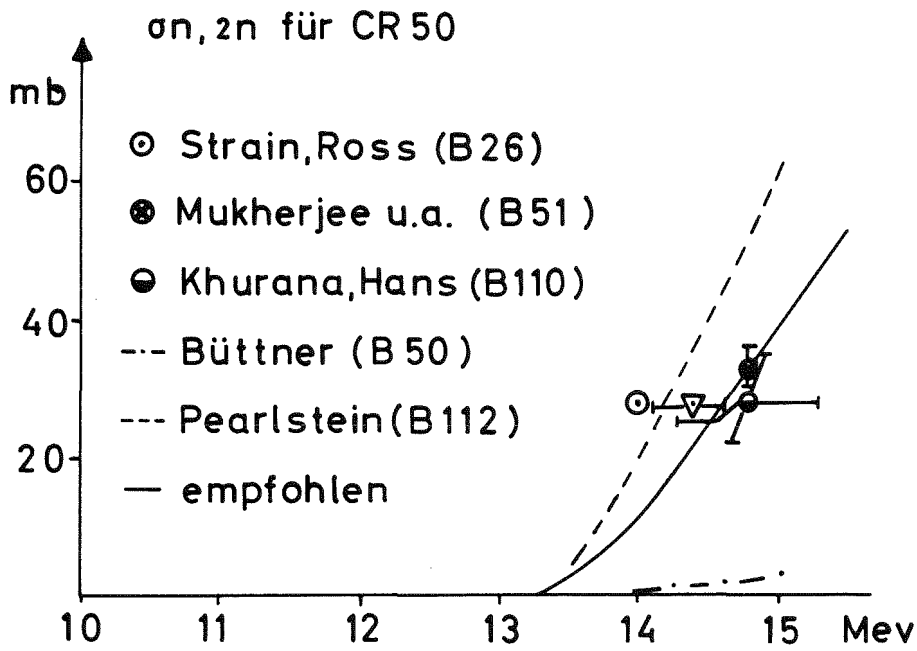
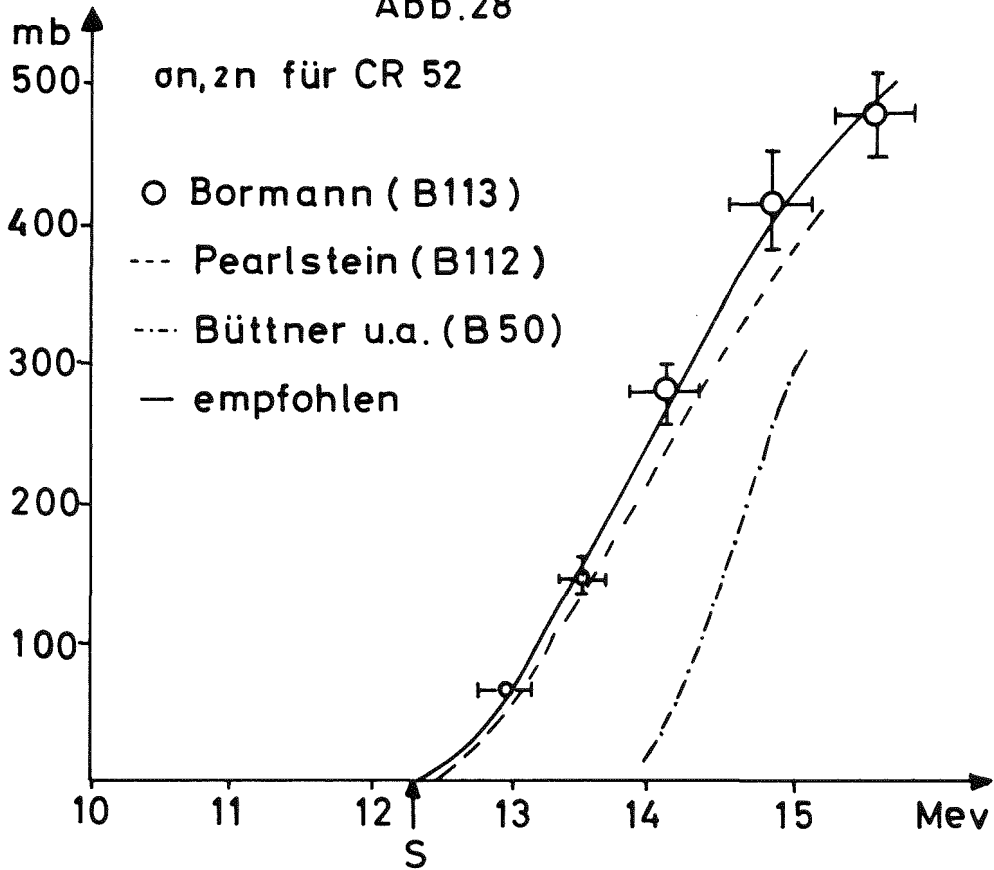


Abb. 28



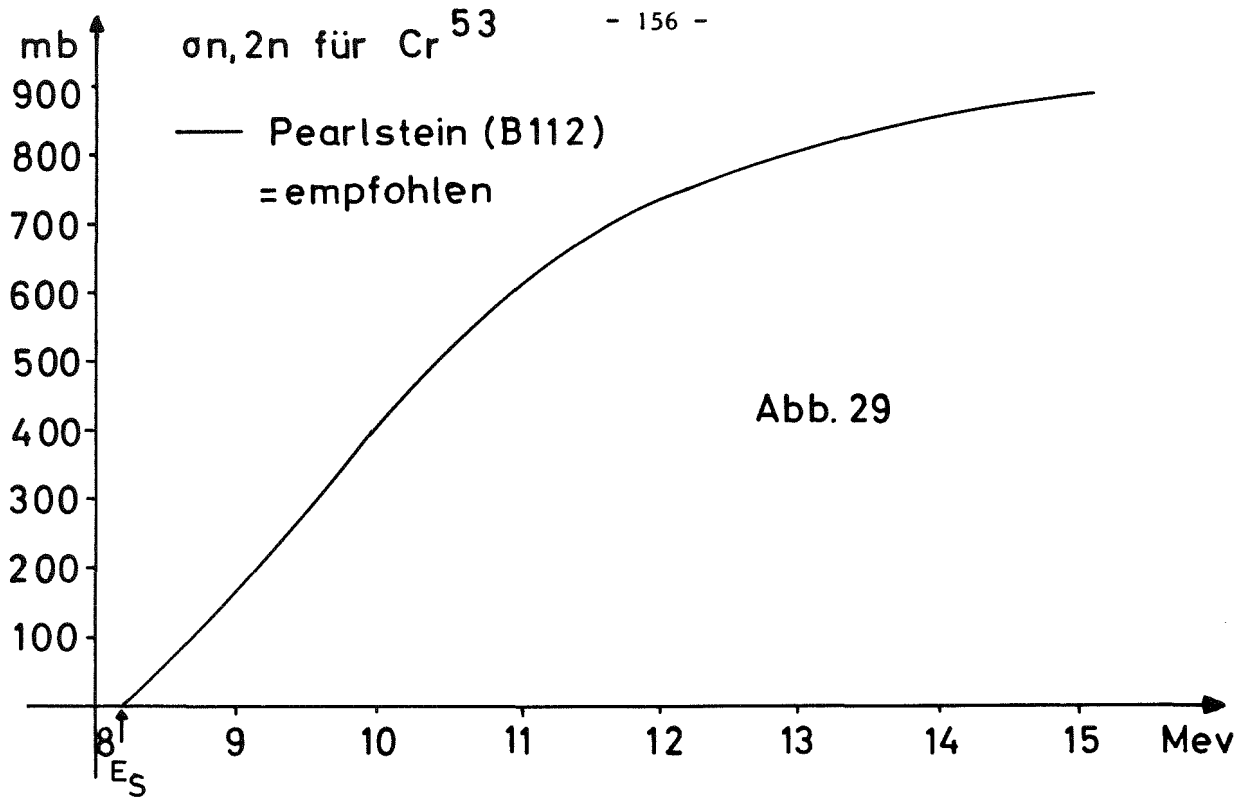


Abb. 30

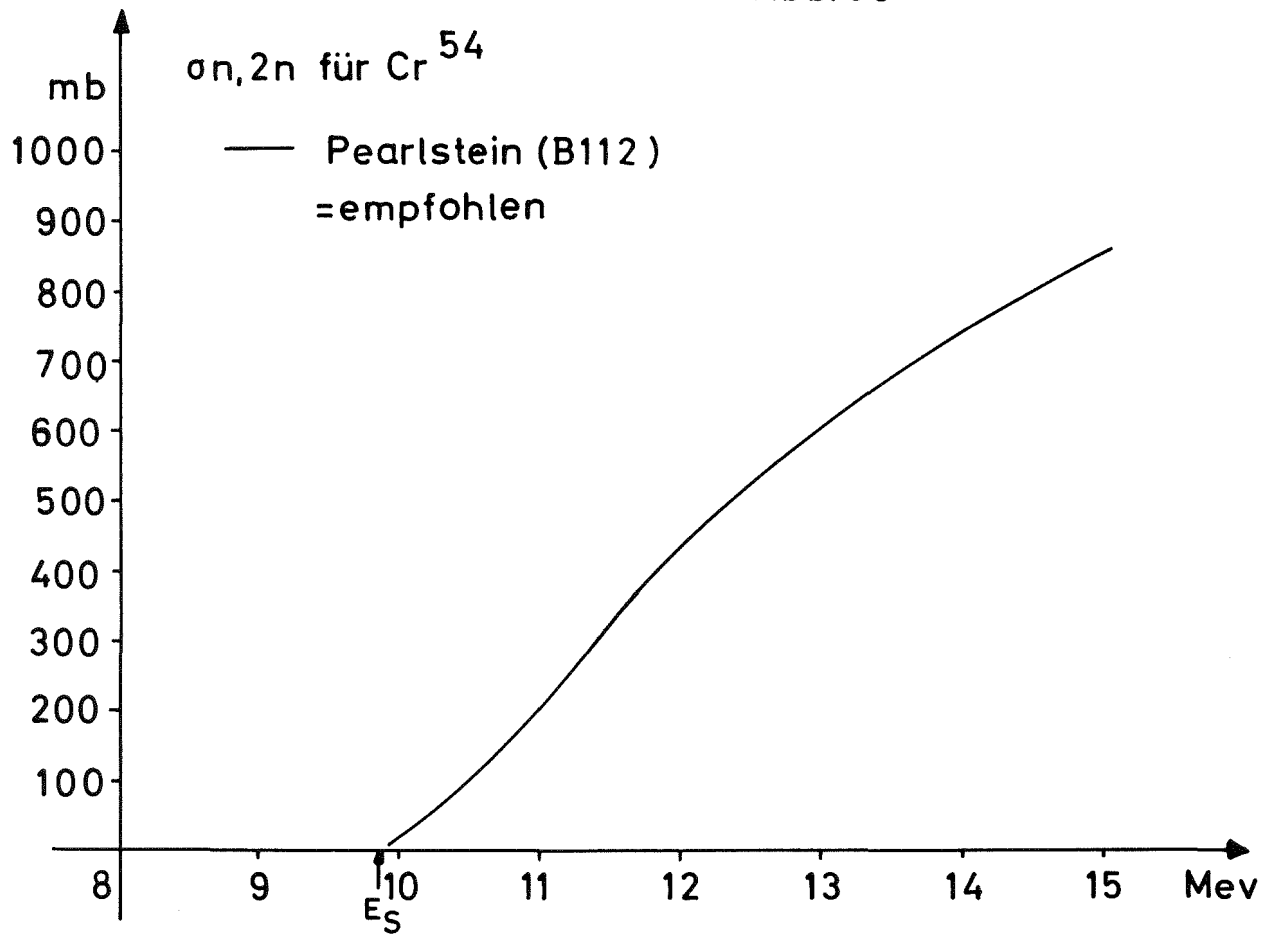
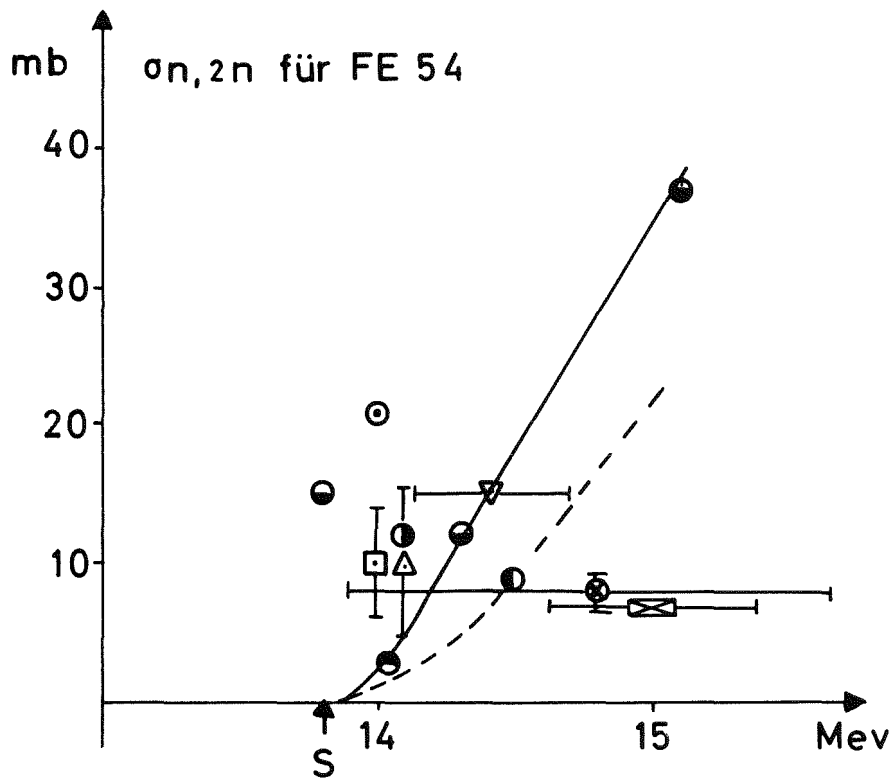


Abb. 31



- ⊠ Depraz (B115)
- Salisbury, Chalmers (B59)
- Pollehn, Neuert (B62)
- Clarke, Cross (B109)
- △ Carles (B116)
- Allan (B80)
- ⊙ Strain, Ross (B26)
- Andreev, Serov (B114)
- ▽ Rayburn (B111)
- ⊗ Chittenden u.a. (B63)
- Pearlstein (B112)
- empfohlen

Abb.32

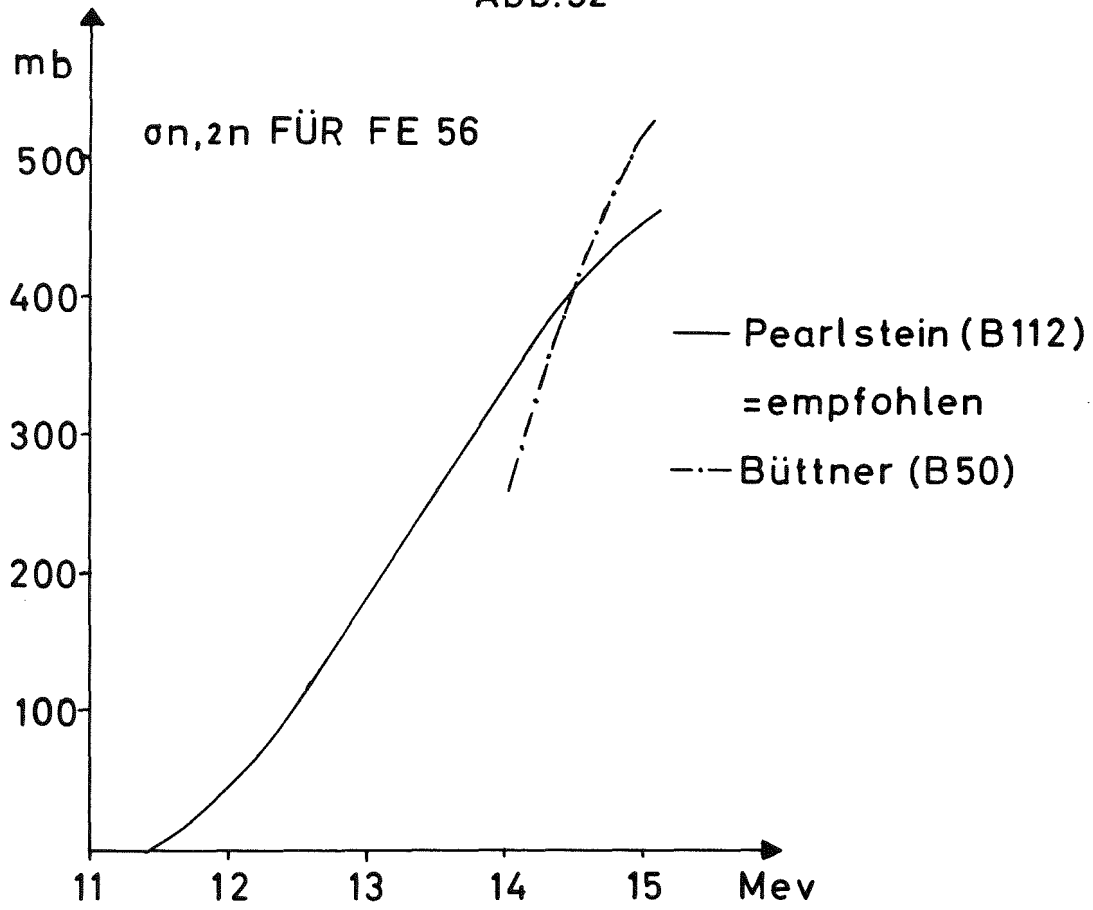


Abb.33

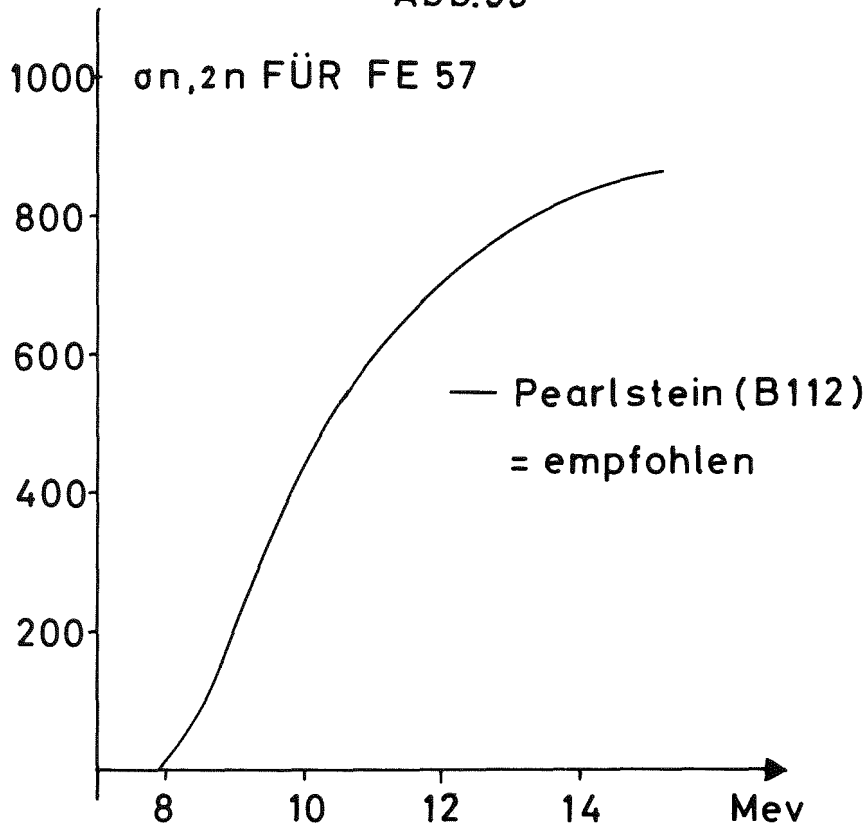


Abb.34
 $\sigma_{n,2n}$ für Ni 58

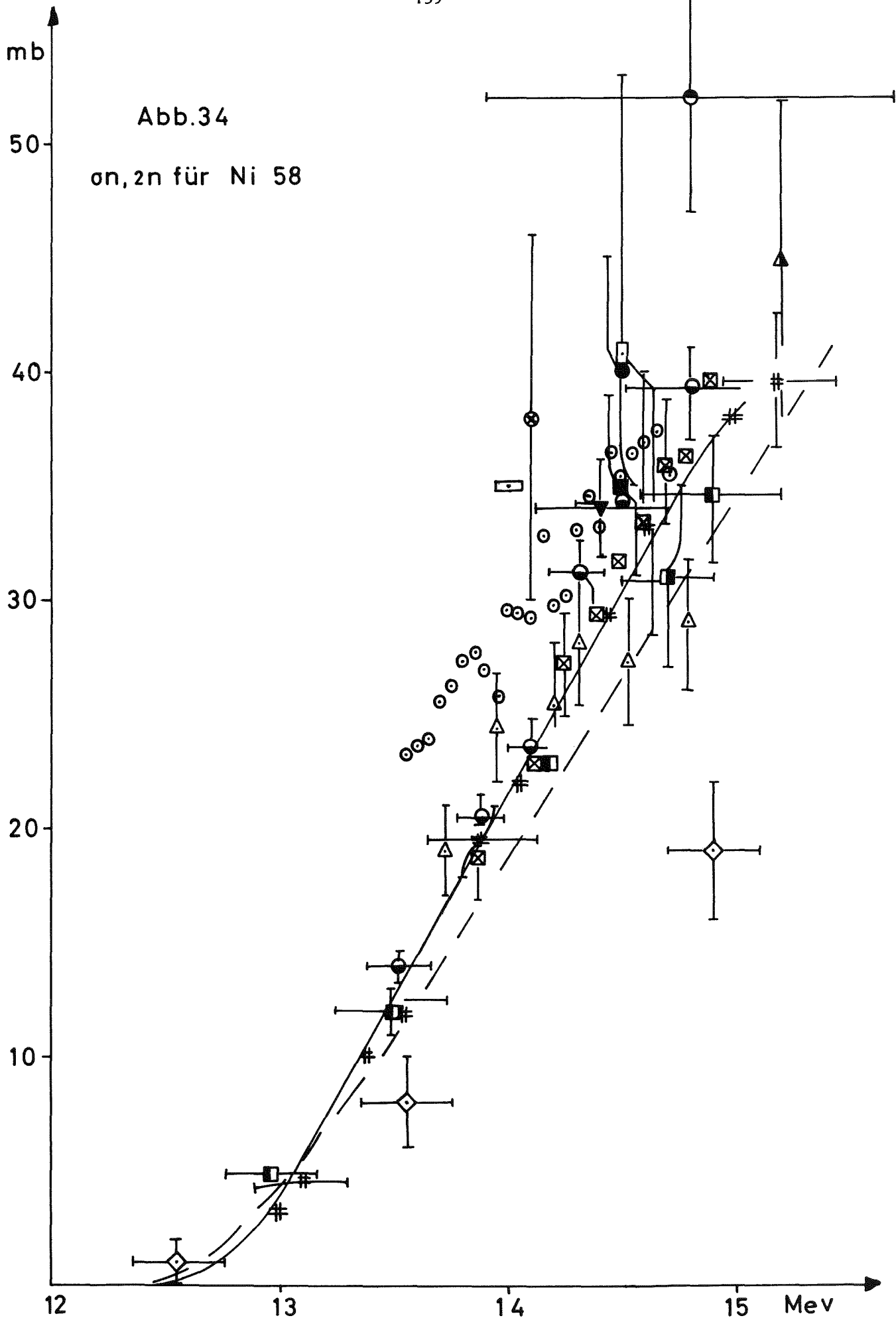
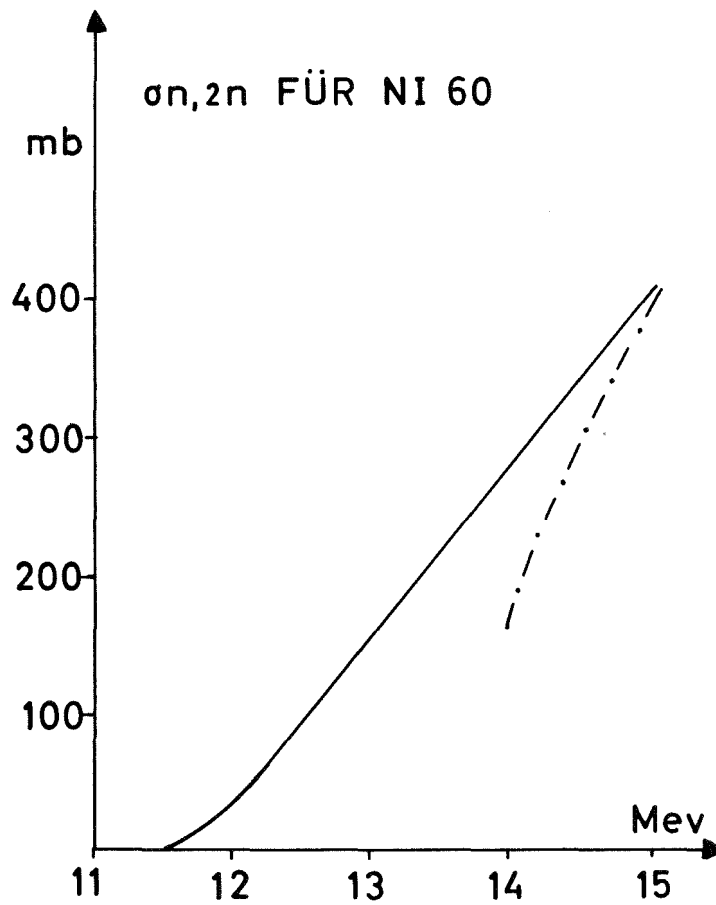


Abb. 34

on, 2n für Ni 58

- Cross, Clarke (B25)
- ◻ Strain, Ross (B26)
- △ J.K. Temperley (B27)
- ◻ Paul, Clarke (B37)
- Preiss, Fink (B36)
- Prestwood, Bayhurst (B118)
- ⊗ Purser, Titterton (B81)
- Cross, Clarke (B109)
- ▼ Rayburn (B111)
- ⊗ Glover, Weigold (B77)
- Bramlitt, Fink (B123)
- ◇ Jeronymo (B78)
- ⊙ Csikai (B119)
- Bormann u.a. (B121)
- ▲ Csikai, Petö (B122)
- # Liskien, Paulsen (B120)
- Pearlstein (B112)
- empfohlen

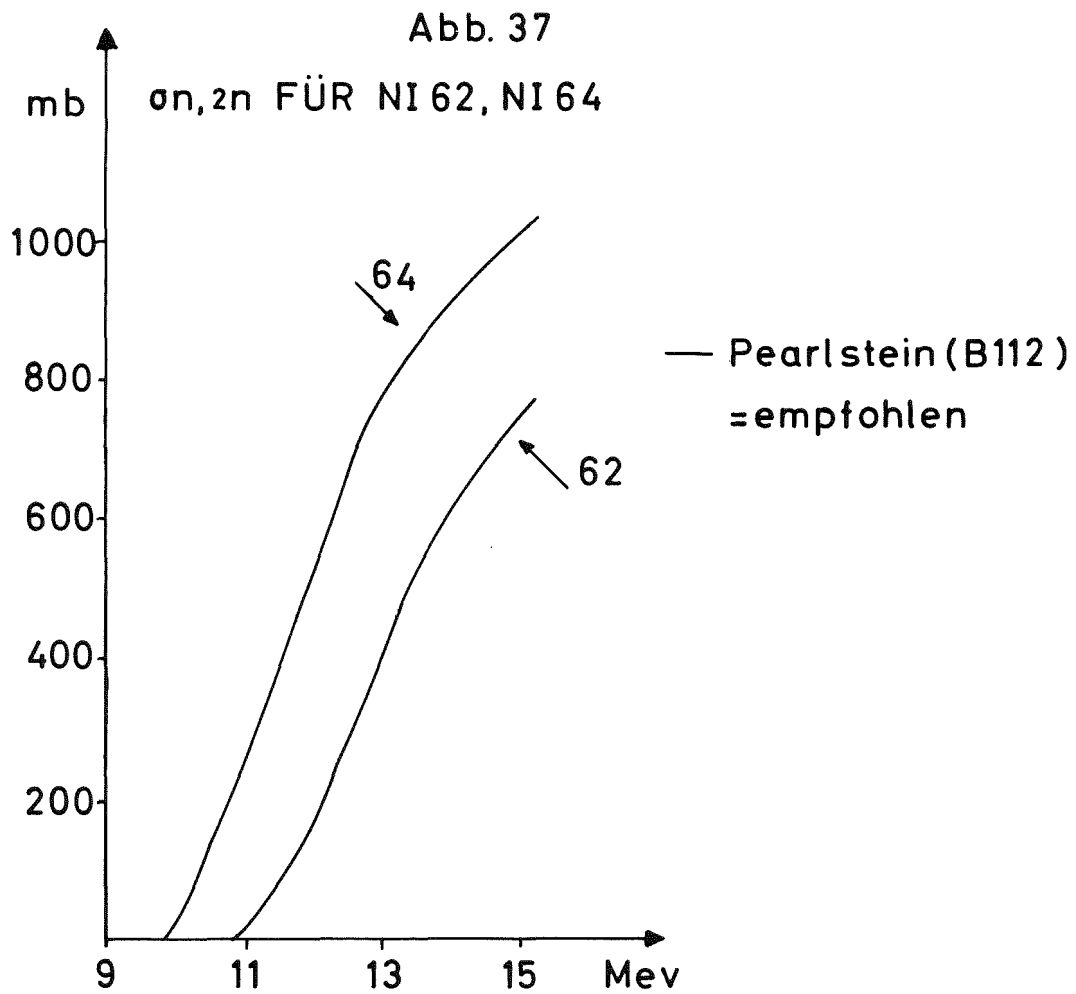
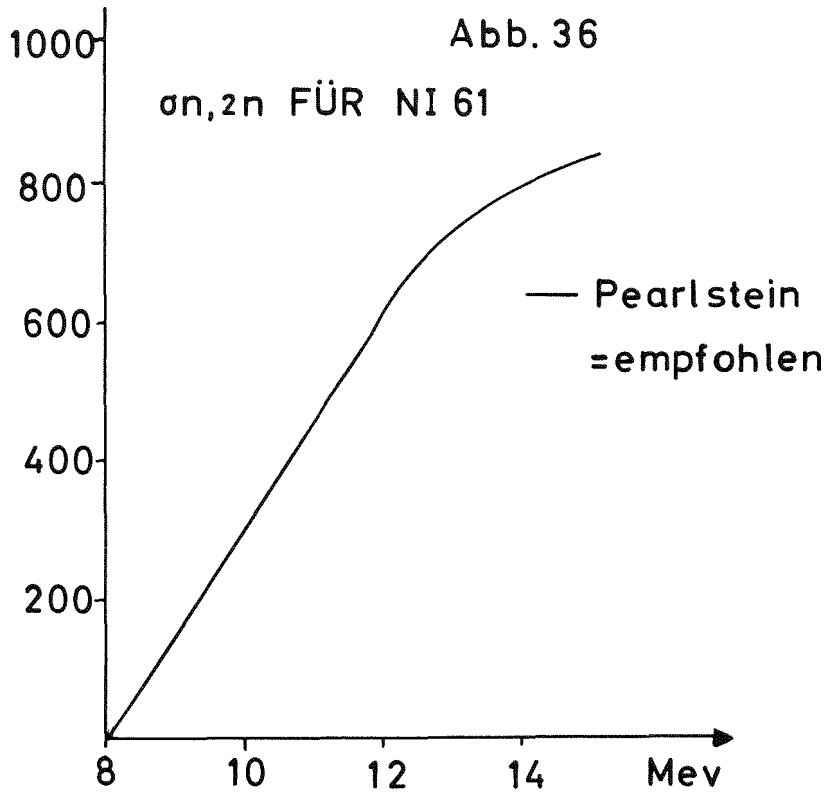
Abb.35



— Pearlstein (B112)

= empfohlen

- · - Büttner (B50)



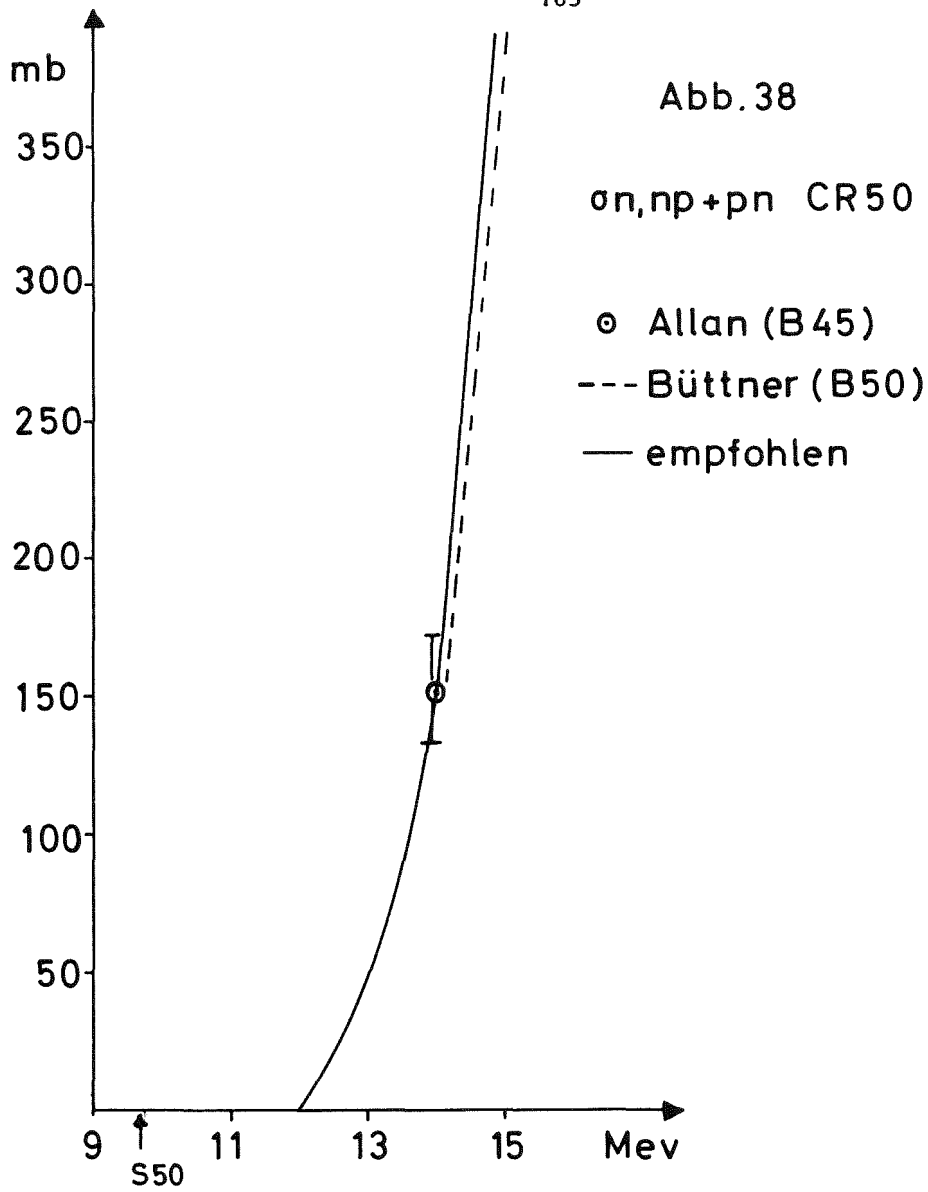


Abb. 39

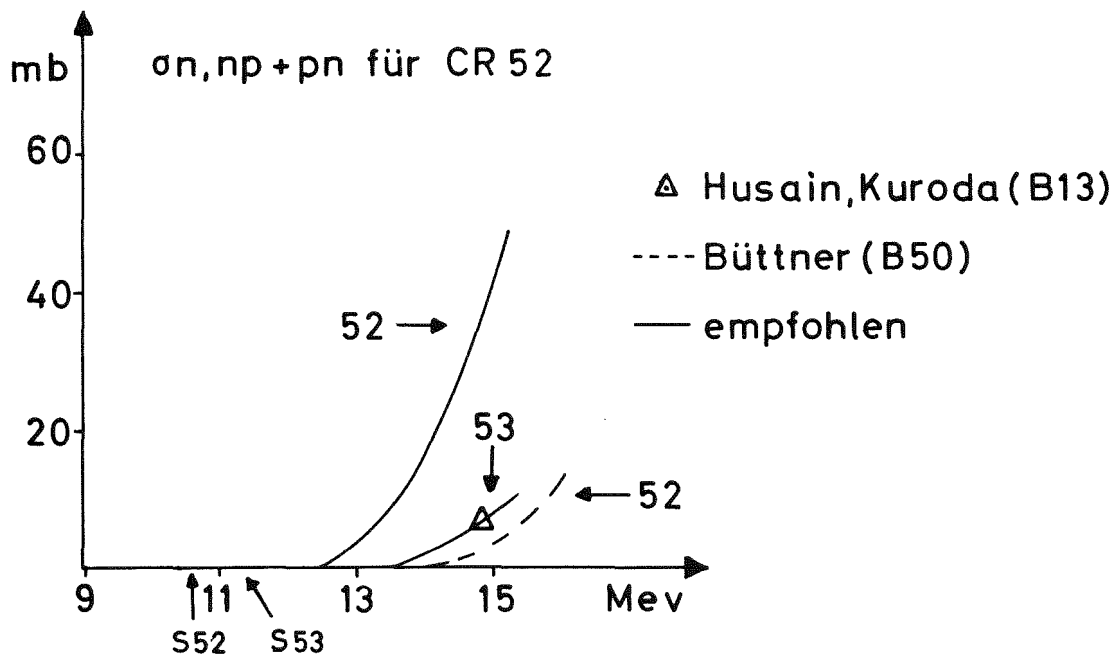


Abb.40

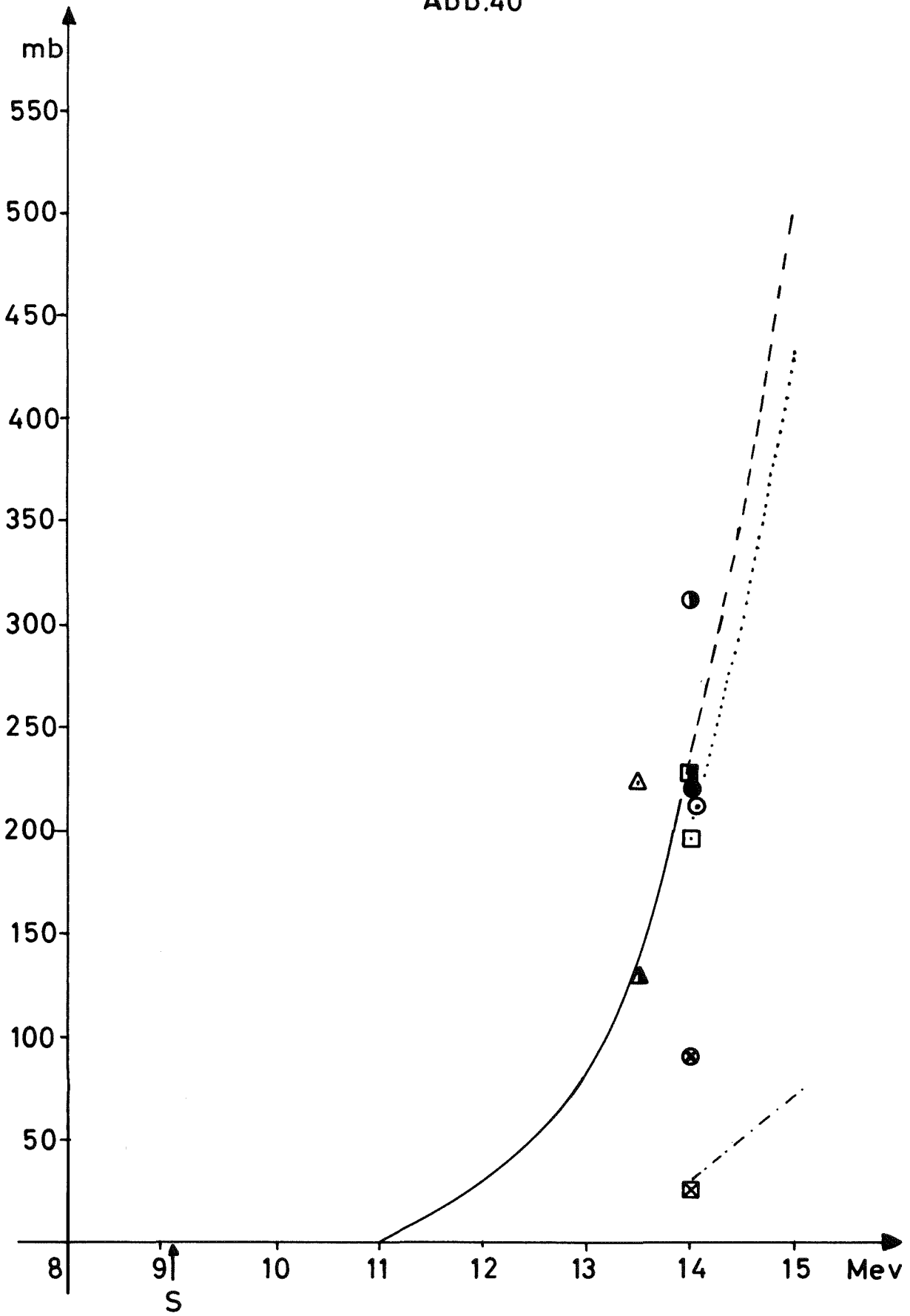


Abb.40

on,np für FE 54

(Erläuterungen im Text, Kap. VI)

- $\sigma(n,np)$
 - ⊗ $\sigma(n,np+p) - \sigma(np)$
 - ⊙ $\sigma(n,np+pn)$
 - △ $\sigma(n,np)$
 - ▲ $\sigma(n,pemiss) - \sigma(n,p)$
 - ◻ $\sigma(n,np)$
 - ⊠ $\sigma(n,p+pn) - \sigma(n,p)$
 - $\sigma(n,pemiss) - \sigma(n,p)$
 - $\sigma(n,np+pn)$
 - $\sigma(n,np+pn)$
 - - $\sigma(n,pn)$
 - $\sigma(n,np)$
 - empfohlen
- } Allan (B80)
- } March, Morton (B129)
- } Allan (B61)
- Allan (B45)
- } Büttner u.a. (B50)

Abb. 41

$\sigma n, np+pn$ für FE 56

(Erläuterungen im Text, Kap. VI)

- ⊙ $\sigma(n, p_{emiss}) - \sigma(n, p)$
 - ⊙ $\sigma(n, np)$
 - ▣ $\sigma(n, np+pn)$ Brown u.a. (B135)
 - △ $\sigma(n, np+pn)$ March, Morton (B129)
 - ▣ $\sigma(n, np+pn)$ Allan (B45)
 - $\sigma(n, np+pn)$
 - $\sigma(n, pn)$
 - ⋯ $\sigma(n, np)$
 - empfohlen
- } Allan (B80)
- } Büttner u.a. (B50)

Abb. 41

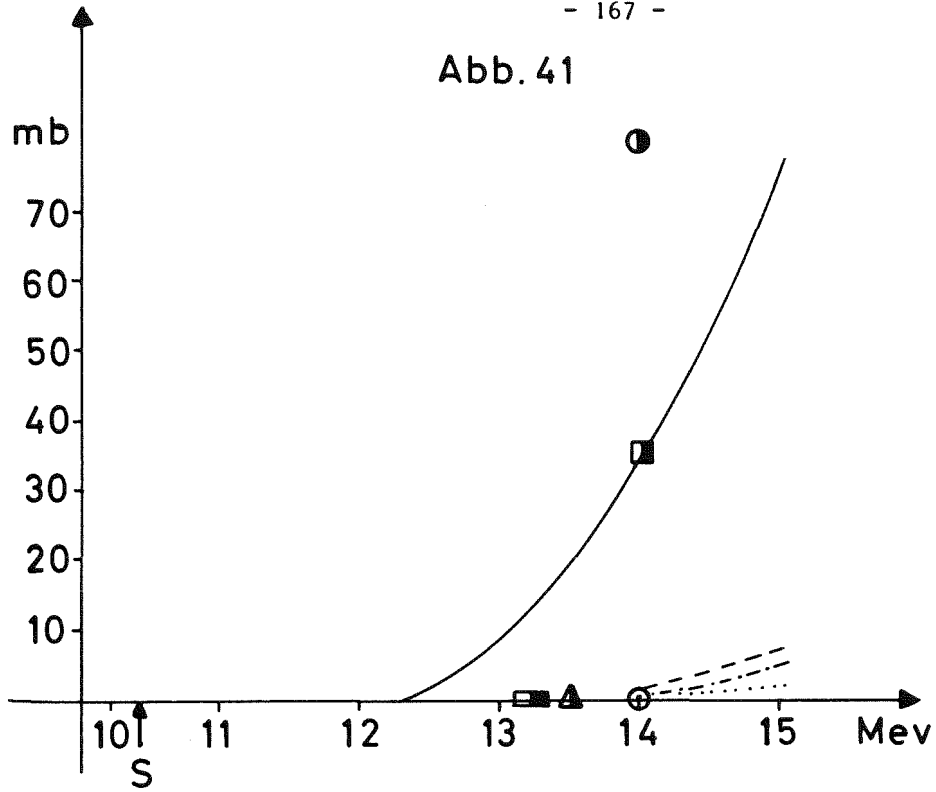


Abb. 42

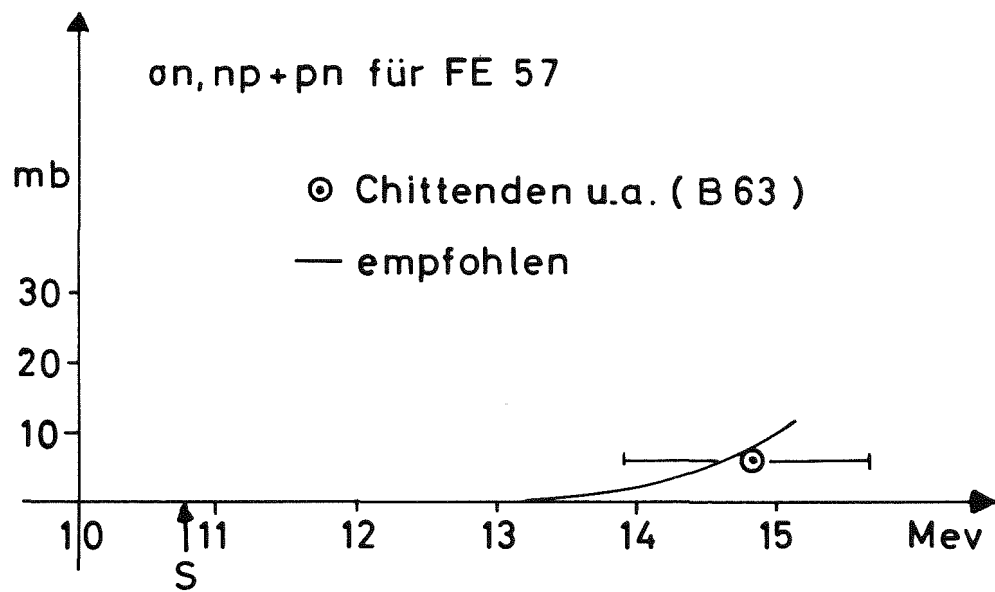


Abb. 43

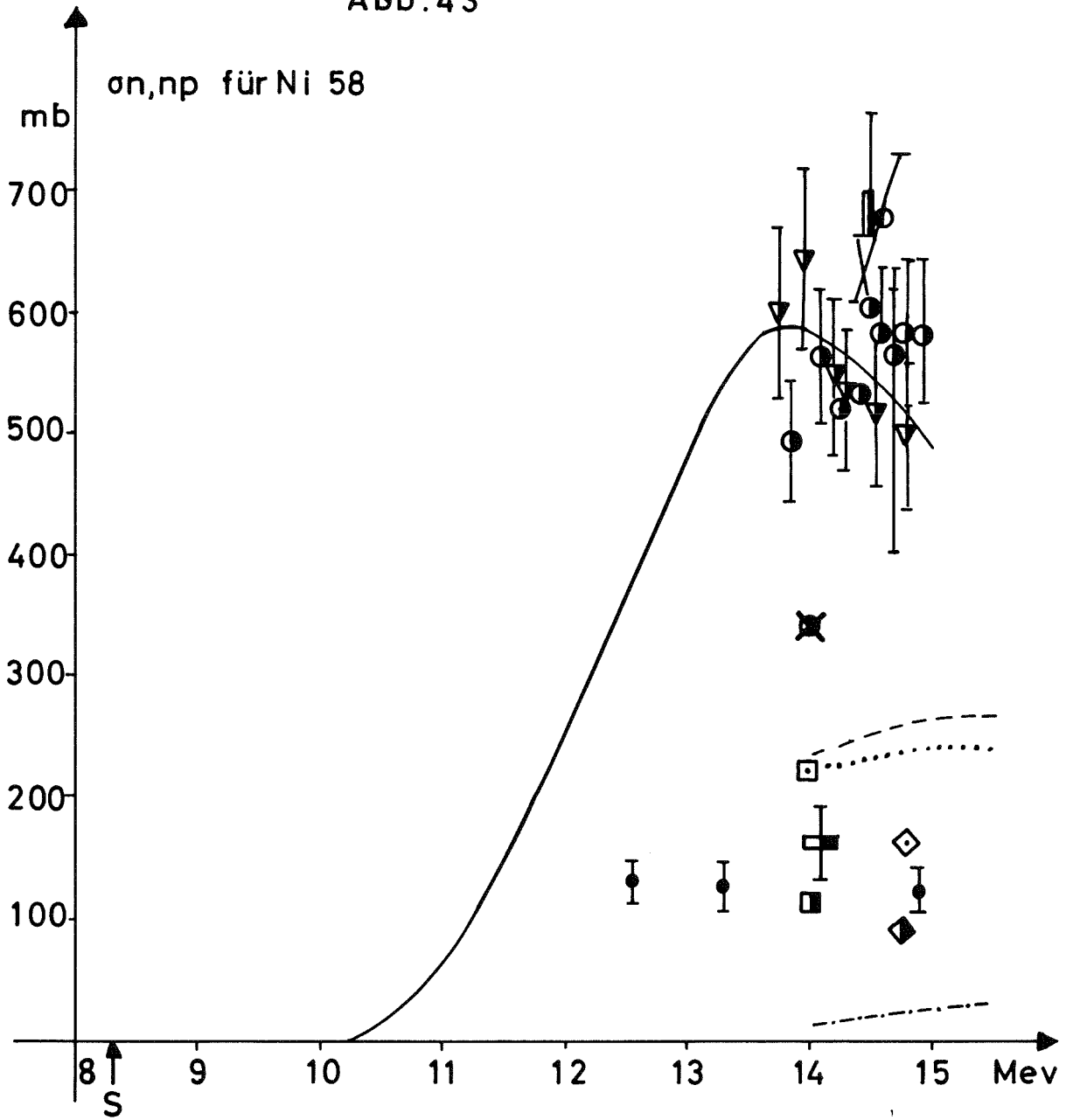


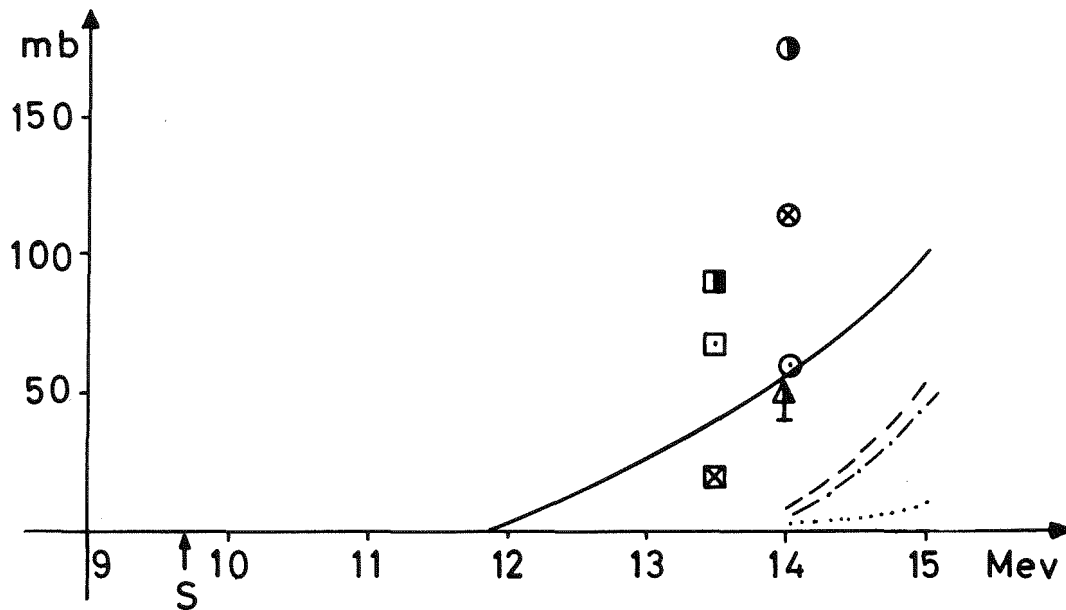
Abb.43

$\sigma_n, np+pn$ für Ni 58

- ▣ $\sigma(n, np+pn+d)$ Cross, Clarke (B25)
 - ▼ $\sigma(n, np+pn+d)$ Temperley (B27)
 - ◻ $\sigma(n, np+pn+d)$ Purser, Titterton (B81)
 - ⊙ $\sigma(n, np+pn+d)$ Glover, Weigold (B77)
 - ▲ $\sigma(n, np+pn+d)$ Bramlitt, Fink (B123)
 - $\sigma(n, np+pn+d)$ Jeronymo (B78)
 - ◻ $\sigma(n, np)$
 - $\sigma(n, pemiss) - \sigma(n, p)$
 - ⊙ $\sigma(n, np+pn+d)$ Clarke, Cross (B109)
 - ◇ $\sigma(n, np)$
 - ◆ $\sigma(n, pemiss) - \sigma(np)$
 - ⊗ $\sigma(n, np+pn)$ Allan (B45)
 - $\sigma(n, pn)$
 - $\sigma(n, np)$
 - $\sigma(n, np+pn)$
 - empfohlen
- } Allan (B80)
- } Kumabe, Fink (B136)
- } Büttner (B50)

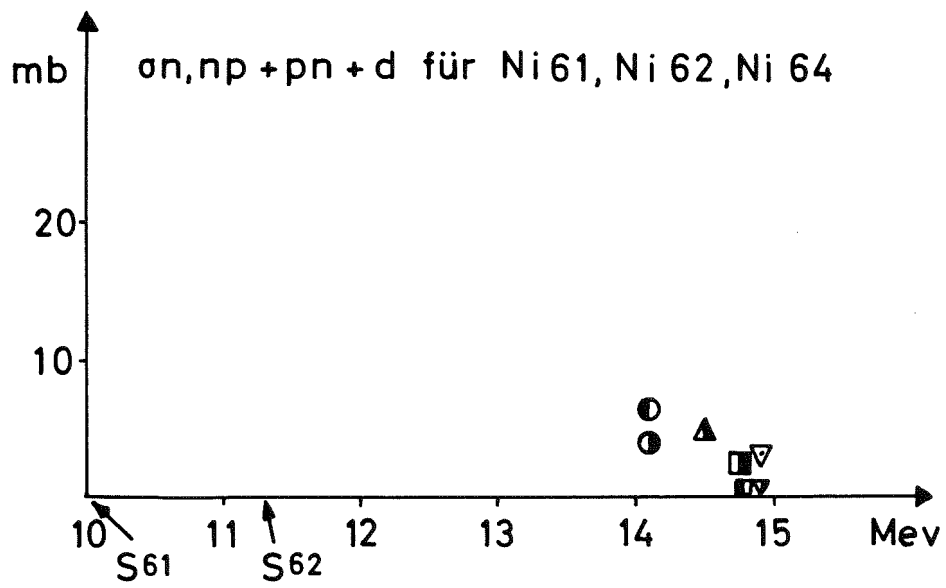
Abb. 44

$\sigma_n, np+pn$ für Ni 60 (Text, Kap. VI)



- $\sigma(n,np)$
- ⊗ Allan (B80), 1957 $\sigma(n,pn+p) - \sigma(n,p)$
- $\sigma(n,Pemiss) - \sigma(n,p)$
- $\sigma(n,np)$
- ⊠ March, Morton (B137), 1958 $\sigma(n,pn+p) - \sigma(np)$
- $\sigma(n,Pemiss) - \sigma(n,p)$
- ▲ Allan (B45), 1961 $\sigma(n,np+pn)$
- $\sigma(n,pn+pn)$
- - - Büttner (B50) 1965 $\sigma(n,pn)$
- $\sigma(n,np)$
- empfohlen

Abb.45



- Ni⁶²
- Ni⁶⁴ } Val'ter (B29)
- ▲ Ni⁶² Cross, Clarke (B109)
- ▽ Ni⁶¹
- ▽ Ni⁶², Ni⁶⁴ } Preiss, Fink (B36)
- Ni⁶²
- Ni⁶⁴ } Ward, Pile, Kuroda (B84)

Abb.46

σ_x, σ_n , für Cr 10-15 Mev

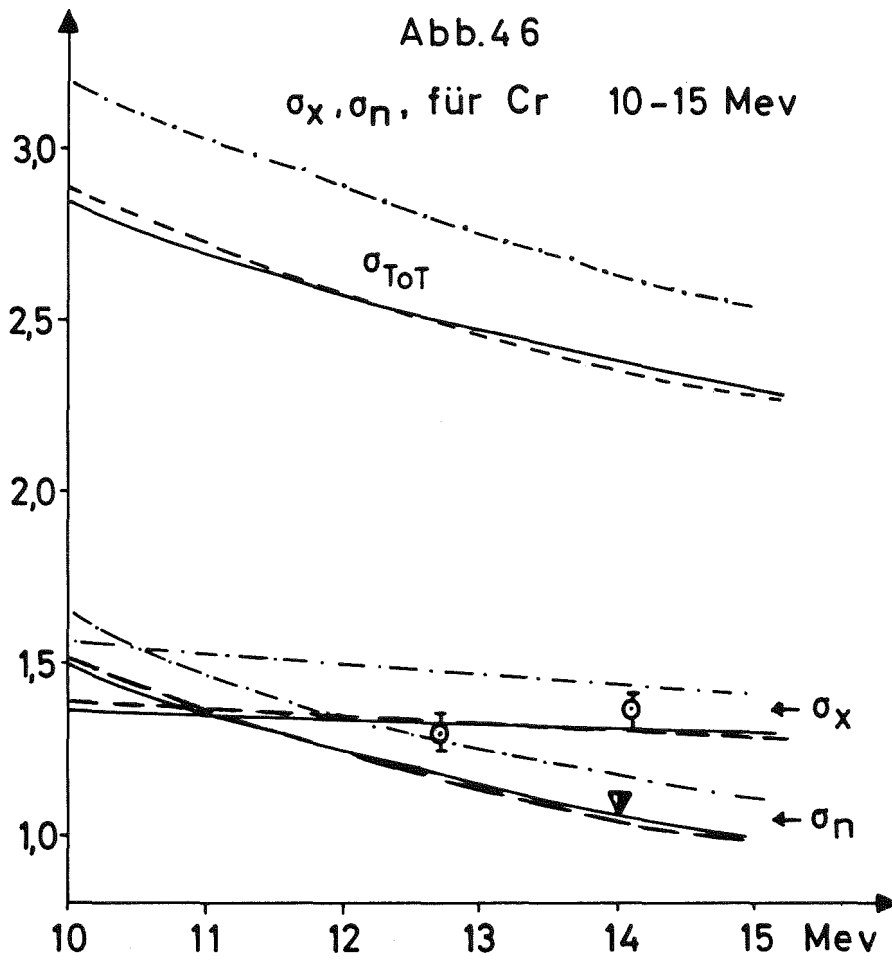


Abb.47

σ_x, σ_n , für Cr 10-15 Mev

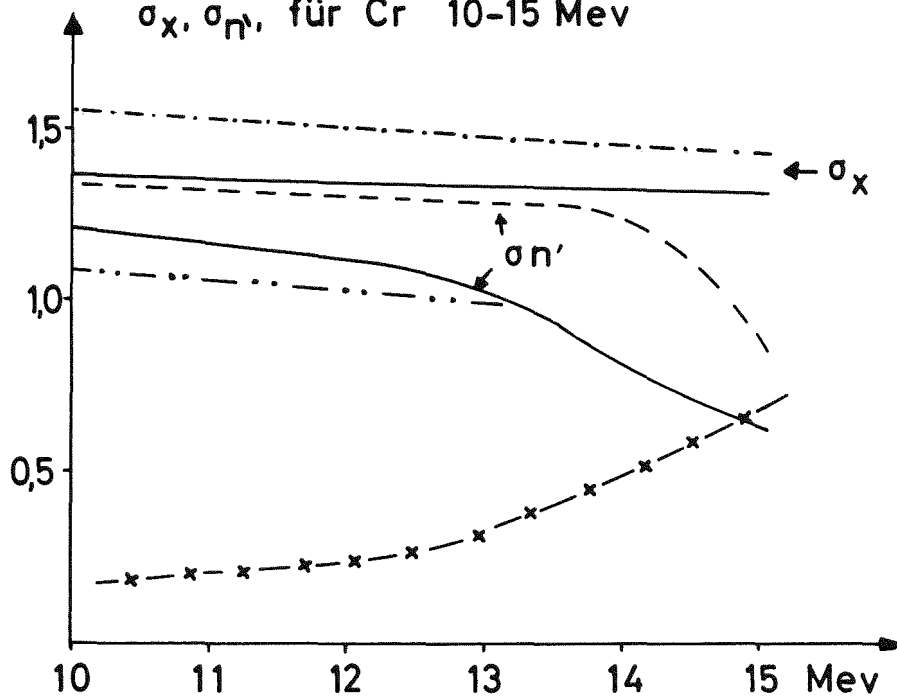


Abb.46

$\sigma_T, \sigma_X, \sigma_n$ für Cr 10-15 Mev

- Agee, Rosen (B142)
- empfohlen
- ⊙ Taylor u.a. (B149) σ_X
- ▼ Stelson u.a. (B141) σ_n
- opt. Mod. Rechnung (siehe Text Kap.2)

Abb.47

$\sigma_T, \sigma_X, \sigma_n$ für Cr 10-15Mev

- σ_X , nach Agee, Rosen (B142)
- σ_n , Büttner (B50)
- σ_n , bisher empfohlen (A1)
- σ_X, σ_n empfohlen
- x- $\sigma_{n,p} + \sigma_{n,\alpha} + \sigma_{n,2n} + \sigma_{n,np}$ empfohlen

Abb.48

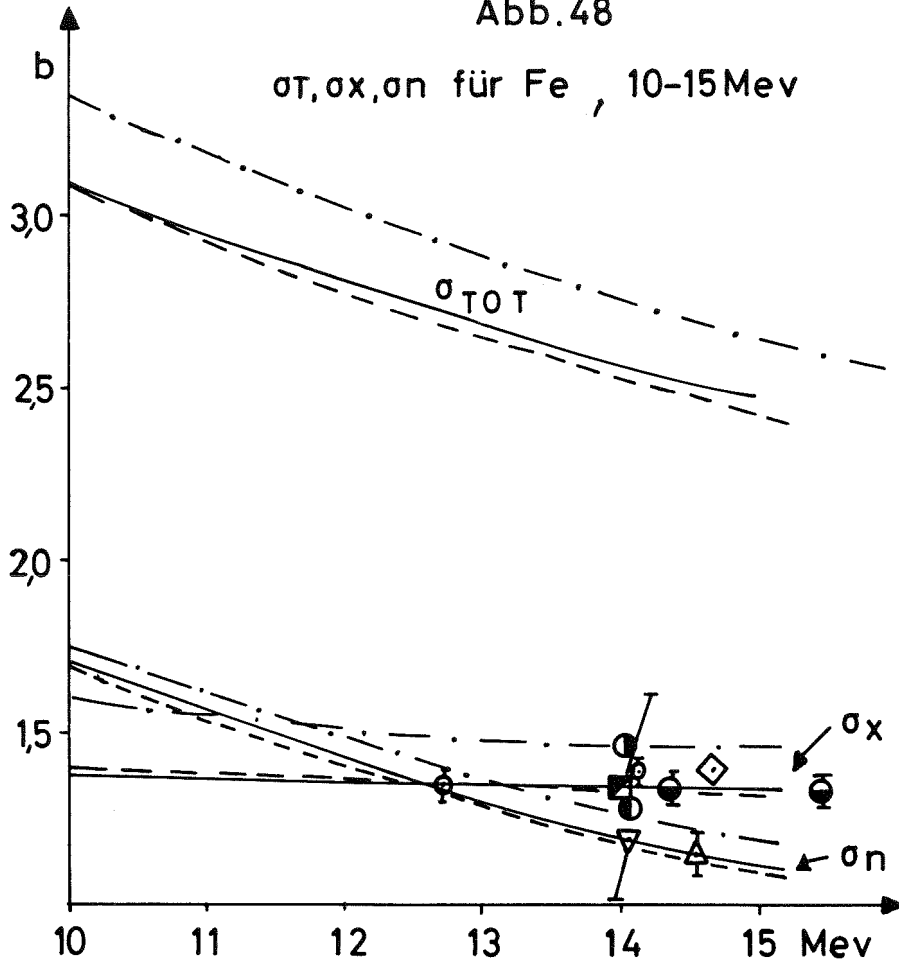


Abb.49

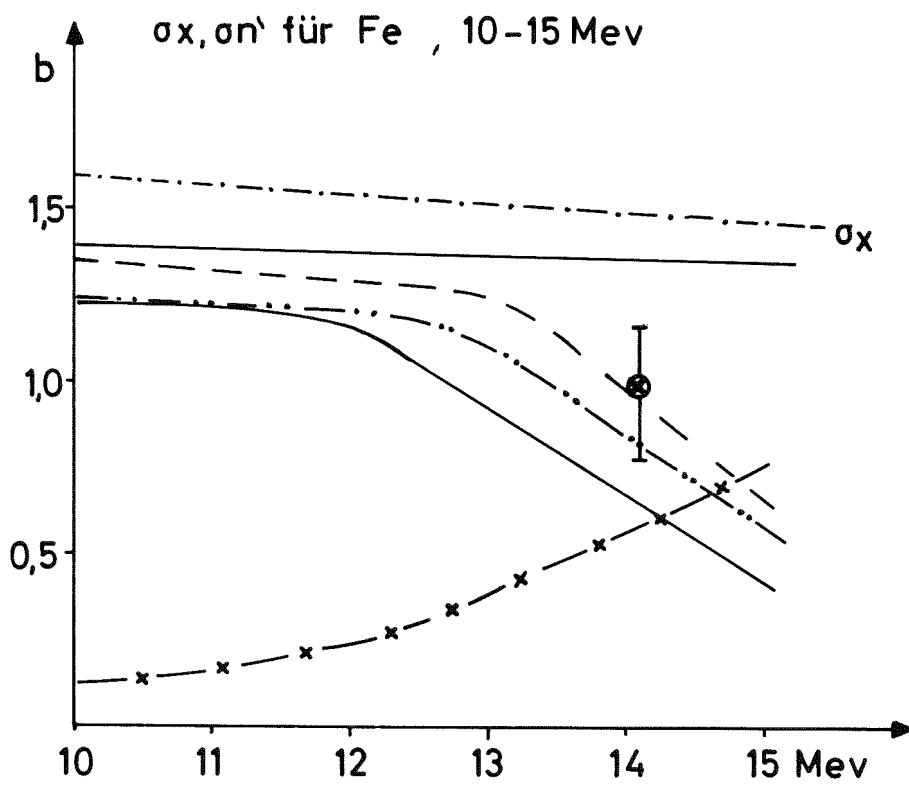


Abb. 48

$\sigma, \sigma_x, \sigma_n$ für Fe, 10-15 Mev

— empfohlen, $\sigma_T, \sigma_x, \sigma_n$

⊙ Taylor u.a. (B149), σ_x

◇ Flerov u.a. (B150), σ_x

● Degtiarev u.a. (B151), σ_x

● Phillips (B152), σ_x

● Graves, Davis (B153) σ_x

△ Coon u.a. (B139) σ_{el}

▽ Elliot (B138) u. Yuasa (B144) σ_{el}

--- Agee, Rosen (B142) $\sigma_T, \sigma_x, \sigma_n$

-- opt. Mod. Rechnung (siehe Text Kap. 2)

Abb. 49

σ_x, σ_n' für Fe, 10-15 Mev

⊗ Sukhanov u.a. (B154) $\sigma_n, n' + \sigma_n, 2n$

--- Agee, Rosen, (B142) σ_x

--- Büttner u.a. (B50) σ_n'

---- bisher empfohlen

— empfohlen, σ_x, σ_n'

-x- empfohlen

Abb. 50

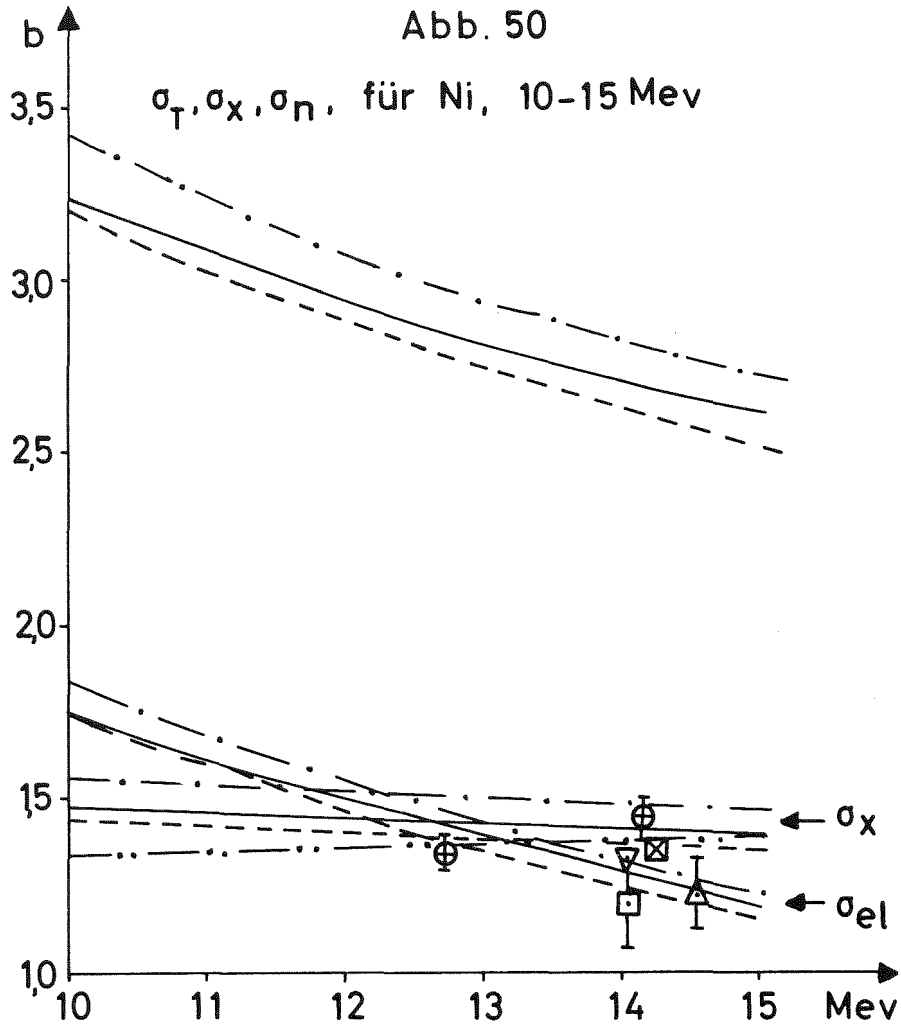


Abb. 51

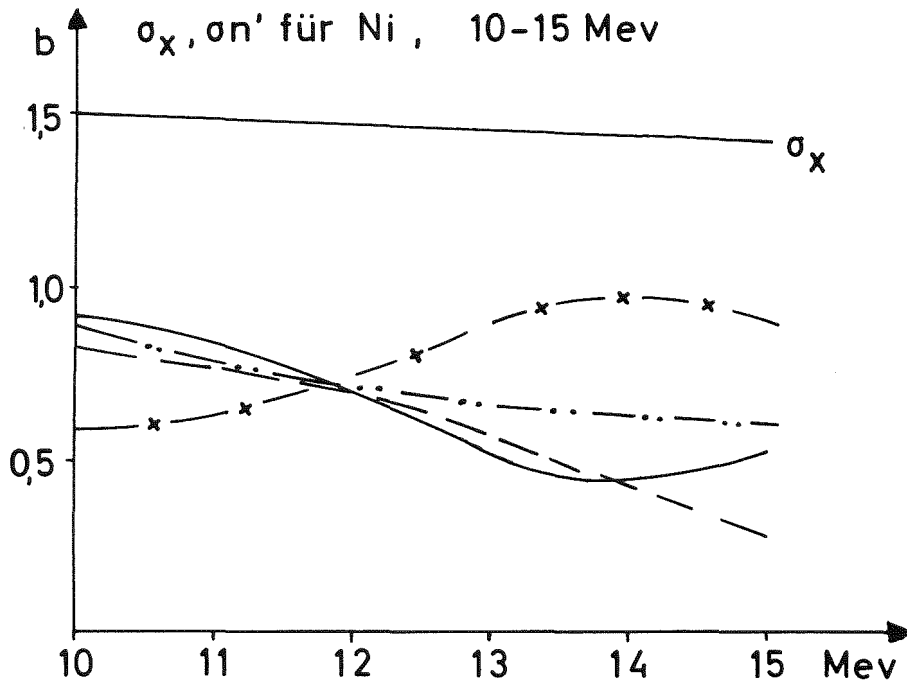


Abb.50

$\sigma_T, \sigma_X, \sigma_n$, für Ni , 10-15 Mev

- ⊕ Taylor (B149) σ_X
- △ Bauer, Anderson (B140) σ_{el}
- Clarke, Cross (B143) σ_{el}
- ▽ Stelson u.a. (B141) σ_{el}
- ⊠ Mac Gregor u.a. (B155) σ_X
- Agee, Rosen (B142) $\sigma_T, \sigma_X, \sigma_n$
- empfohlen, $\sigma_T, \sigma_X, \sigma_n$
- opt. Mod. Rechnung (siehe Text, Kap. II)

Abb.51

σ_X, σ_n' , für Ni 10-15 Mev

- Büttner u.a. (B50) σ_n'
- σ_n , bisher empfohlen (A1)
- empfohlen σ_n', σ_X
- *- $\sigma_n, p + \sigma_n, \alpha + \sigma_n, 2n + \sigma_n, np$ empfohlen

Abb. 52

Erläuterungen im Text, Kap. VI

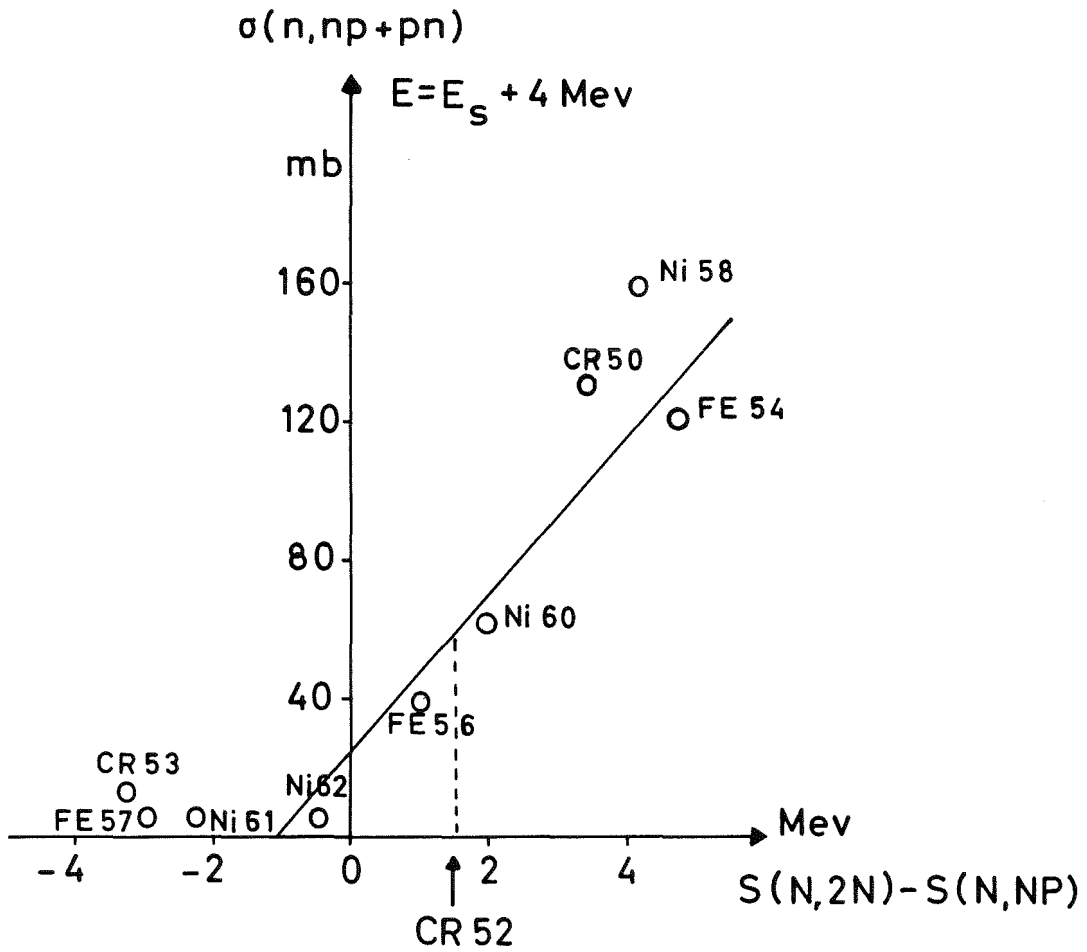


Abb. 53

Erläuterung im Text Kap. VI

