

DEUTSCHES ELEKTRONEN SYNCHROTRON DESY
2 Hamburg - Gross Flottbek - Notkestieg 1

September 1965
F 21/8

α -Test des Spektrometers für die zweite Generation eines Elektron-
Nukleon-Streuexperimentes am Target 22

W. Albrecht, W. Flauger

Für die zweite Generation eines Experiments zur Elektron-Nukleon-Streuung ist ein magnetisches Innenspektrometer mit drei Elementen vorgesehen. In der folgenden Tabelle sind einige Daten des Spektrometers zusammengestellt.

Länge Target-Zählerbank	: 5,8 m
Targetgrösse, horizontal	: 10 mm
vertikal	: 10 mm
Winkelakzeptanz, horizontal	: + 34,6 mrad
vertikal	: + 123,6 mrad
Impulsbereich	: 0 - 2 GeV/c
Impulsauflösung	: 0,7 %
p- θ -Neigung	: 2 %/Grad

Den Aufbau des Spektrometers und den Strahlengang zeigt Abb. 1. Zur Vergrösserung der Dispersion wurde der QA um 7,2 cm aus der Achse versetzt. Ausserdem wird durch Zusatzpole im MA eine zusätzliche Fokussierung in z erreicht. Die horizontale und vertikale Winkelakzeptanz wird durch den QB und den QA festgelegt. Für eine p- θ -Neigung von 2 % /Grad steht die Zählerbank im horizontalen Brennpunkt. Ein anderer Slope kann eingestellt werden, indem mit dem QA die Brennweite variiert wird. Die Auslegung und Berechnung* erfolgte von Herrn K.G. Steffen am Analogrechner. Gegenüber einem Ein-Quadrupol-Spektrometer hat dieses Spektrometer folgende Vorteile:

*
des Spektrometers

2.

1. - bessere Impulsauflösung,
2. - weitgehende Unabhängigkeit der Winkelakzeptanz von der Targetausleuchtung
3. - weitgehende Unabhängigkeit der Impulsauflösung von der Targetausleuchtung.
4. - kleines Zählervolumen,
5. - gute magnetische Filterwirkung
6. - einfache Variation der p - θ -Neigung.

Die Punkte 1, 4 und 5 ergeben sich aus der grossen Dispersion und der Fokussierung in beiden Koordinaten. Punkt 2 wird im wesentlichen dadurch erreicht, dass die Winkelakzeptanz ausschliesslich von den beiden eingebauten variablen Blenden bestimmt wird. Dadurch wird das Phasenvolumen des Targets durch je zwei parallele Geraden beschnitten (Abb. 2). Zu jedem Targetpunkt gehört also die gleiche Winkelakzeptanz. Vier Effekte verursachen jedoch trotzdem eine geringe Änderung der Winkelakzeptanz bei unterschiedlicher Targetausleuchtung.

1. - Der Wirkungsquerschnitt kann innerhalb der horizontalen Winkelakzeptanz von $+ 34,6$ mrad bei hohem q^2 und kleinstem Streuwinkel (45°) um 8% variieren. Dadurch entstehen Fehler in der Winkelakzeptanz von maximal $0,9\%$.
2. - Die Winkelakzeptanz ist in x sowie auch in z etwas impulsabhängig. Wegen der p - θ -Neigung ist sie somit winkelabhängig und wegen der schiefen Begrenzung des Phasenraums durch die Blende ortsabhängig. Der Fehler beträgt maximal $0,2\%$.
3. - Bei unterschiedlicher Targetausleuchtung in S -Richtung beträgt der Fehler der Winkelakzeptanz maximal $0,4\%$.
4. - Bei unterschiedlicher Targetausleuchtung in z -Richtung können zwischen Targetmitte und Targetrand Fehler in der Bestimmung des Streuwinkels von $0,15^\circ$ entstehen. Wegen der Abhängigkeit des Wirkungsquerschnitts vom Streuwinkel werden dadurch Winkelakzeptanzfehler von maximal $0,6\%$ vorgetäuscht.

Die Impulsauflösung des Spektrometers ist gegeben durch die chromatische Aberration der Quadrupole (Abhängigkeit der Brennweite vom Impuls) und durch Fehler der Magnete (z.B. Abhängigkeit des Gradienten und der magnetischen Länge vom Ort). Teilchen mit verschiedener

Steigung und dem zugehörigen Impuls treffen sich also nicht in einem Punkt. Wegen der p- θ -Neigung ist der Schwerpunkt der Kreuzungsstelle einseitig aus der Achse versetzt. Dieser Effekt muss bei der genauen Bestimmung des Impulses berücksichtigt werden. Die Versetzung hängt von der Blendenöffnung und von der p- θ Neigung ab. Sie entspricht einer Impulsänderung von etwa 0,3 %. Die Impulslösung beträgt für eine p- θ -Neigung von 2 %/Grad 0,7 % und für 1 %/Grad und 3 %/Grad 0,8 % bzw. 0,9 %.

Der α -Test wurde mit einem Po^{210} Präparat durchgeführt. Die Aktivität betrug etwa 100 μC und die Grösse entsprach der maximalen Targetgrösse von 10 x 10 mm. Zwischen Präparat und QB befand sich eine Blende, die in beiden Koordinaten variiert werden konnte.

Die Analyse der α -Teilchen erfolgte mit einem senkrechten 3,5 mm breiten Schlitz, der sowohl in Strahlrichtung (s-Richtung) als auch transversal zur Strahlrichtung (x-Richtung) definiert verschoben werden konnte. Alle α -Teilchen, die den Schlitz passierten, trafen auf einen grossen Szintillator. Diese Versuchsanordnung wurde von Herrn Steffen und Herrn Dasskowski ausgelegt und von den Herren Dasskowski, Grummich und Behrendt aufgebaut. Auf diese Weise konnte das Bild des Präparats bestimmt werden. Ausserdem wurden Winkelakzeptanzmessungen durchgeführt.

Messergebnisse und Vergleich mit dem Analogrechner

1. - Bestimmung der Bildebene für verschiedene Impulse

Das Spektrometer bildet das Target etwa 1 : 1 in der Bildebene ab. Da das Bild mit einem Schlitz von 3,5 mm Breite abgetastet wird, ist im Bildpunkt ein Trapez zu erwarten. Das Aufsuchen des Bildes erfolgte so, dass für verschiedene s das Bild abgetastet wurde und auf diese Weise die optimale Bildschärfe festgestellt wurde (Abb. 3). Die Abb. 4 zeigt ein gemessenes Bild, verglichen mit dem bei optimalen Bedingungen zu erwartenden Bild. Der Unterschied zwischen den beiden Bildern kann durch folgende Effekte hervorgerufen werden:

1. - Abweichung der Magnetfelder von der idealisierten Form,
2. - Impulsunschärfe der α -Teilchen,
3. - Inhomogene Belegung des Präparats,
4. - Zu schlechtes Vakuum.

Punkt 3 scheidet aus, da die Präparatränder auch nicht scharf abgebildet werden. Punkt 4 scheidet ebenfalls aus, da unterhalb eines Druckes von 5×10^{-3} Torr keine Änderung der Zählrate festgestellt wurde. (Abb. 5)

Der grösste Teil der Bildunschärfe kann auf das Präparat geschoben werden, da eine Verkleinerung der Blende um einen Faktor 2 in jeder Koordinate keine Verbesserung der Bildschärfe brachte. Aus dem Vergleich des idealen und des gemessenen Bildes ergibt sich eine Impulsunschärfe von $< 0,5\%$. Die Impulsauflösung, die durch die chromatische Aberration der Quadrupole bedingt ist, beträgt $0,5\%$. (Dieser Wert wurde mit dem Analogrechner bestimmt). Die Impulsauflösung des Spektrometers wird also zwischen $0,5$ und $0,7\%$ liegen. Es wurde verifiziert, dass der QA etwa fünfmal so stark das Bild beeinflusst wie der QB. Deshalb wurde der QB auf den vom Analogrechner ermittelten Wert eingestellt, und der Strom im QA und MA variiert. Bei den folgenden Strömen liegt das Bild an der vom Analogrechner bestimmten Stelle.

	α -Test	Analogrechner
QA	47,6 A	48,1 A
MA	53,2 A	52,0 A

Die durch die Remanenz bedingten Restfelder in den Magneten lagen in der Grössenordnung 1% von den beim Test benötigten Feldern. Für den QA wurde das Restfeld bei der Angabe des Stromes berücksichtigt.

Für die longitudinale und transversale Dispersion ergeben sich folgende Werte:

	α -Test	Analogrechner
longitudinale Dispersion	24 ± 8 cm/%	20 cm/%
transversale Dispersion	$1,4 \pm 0,1$ cm/%	1,4 cm/%

5.

2. - Relative Winkelakzeptanzmessungen

Für die Winkelakzeptanzmessungen wurde der Schlitz vor dem Szintillator entfernt, so dass auch bei schlechter Fokussierung alle α -Teilchen, die das Spektrometer passierten, auf den Szintillator trafen. Eine Blende mit $x = 105,5$ mm und $z = 97,5$ mm war zwischen den QB und den QA in einem Abstand von 641 mm von der Mitte des QB eingebaut. Diese Blende entspricht in ihrer Grösse der maximalen Öffnung der später einzubauenden variablen Blende.

Zunächst wurde die Impulsabhängigkeit der Winkelakzeptanz (Abb. 6) durch Änderung des Stroms im QB bestimmt. Die eingezeichnete Gerade wurde mit dem Analogrechner berechnet. Man sieht, dass für einen verhältnismässig grossen Strombereich nur die Blende begrenzt. Die mit x und z bezeichneten Geraden zeigen den Einfluss der einzelnen Koordinaten auf die Impulsabhängigkeit der Winkelakzeptanz. Ausserdem wurde untersucht, wie sich eine Stromänderung im QA und MA auf die Ablenkung auswirkt. Für drei verschiedene Ströme im QA wurde der Strom im MA variiert. (Abb. 7b). In diese Abbildung ist ausserdem die Beziehung zwischen den beiden Strömen für konstante Gesamtablenkung eingezeichnet. Gesamtablenkung bedeutet dabei Auftreffen der α -Teilchen auf eine bestimmte Stelle des Szintillators.

In Abb. 7a wurde der Strom im QA geändert. Dabei wurde mit dem MA die Gesamtablenkung konstant gehalten. Man sieht, dass in einem bestimmten Strombereich keine α -Teilchen verloren gehen.

Ausserdem wurde die Änderung der Winkelakzeptanz bei einer Verschiebung des Präparats in s -Richtung bestimmt. (Abb. 8). Die Messung wurde auf den normalen Abstand von 560 mm vom QB normiert.

3. - Absolute Winkelakzeptanz

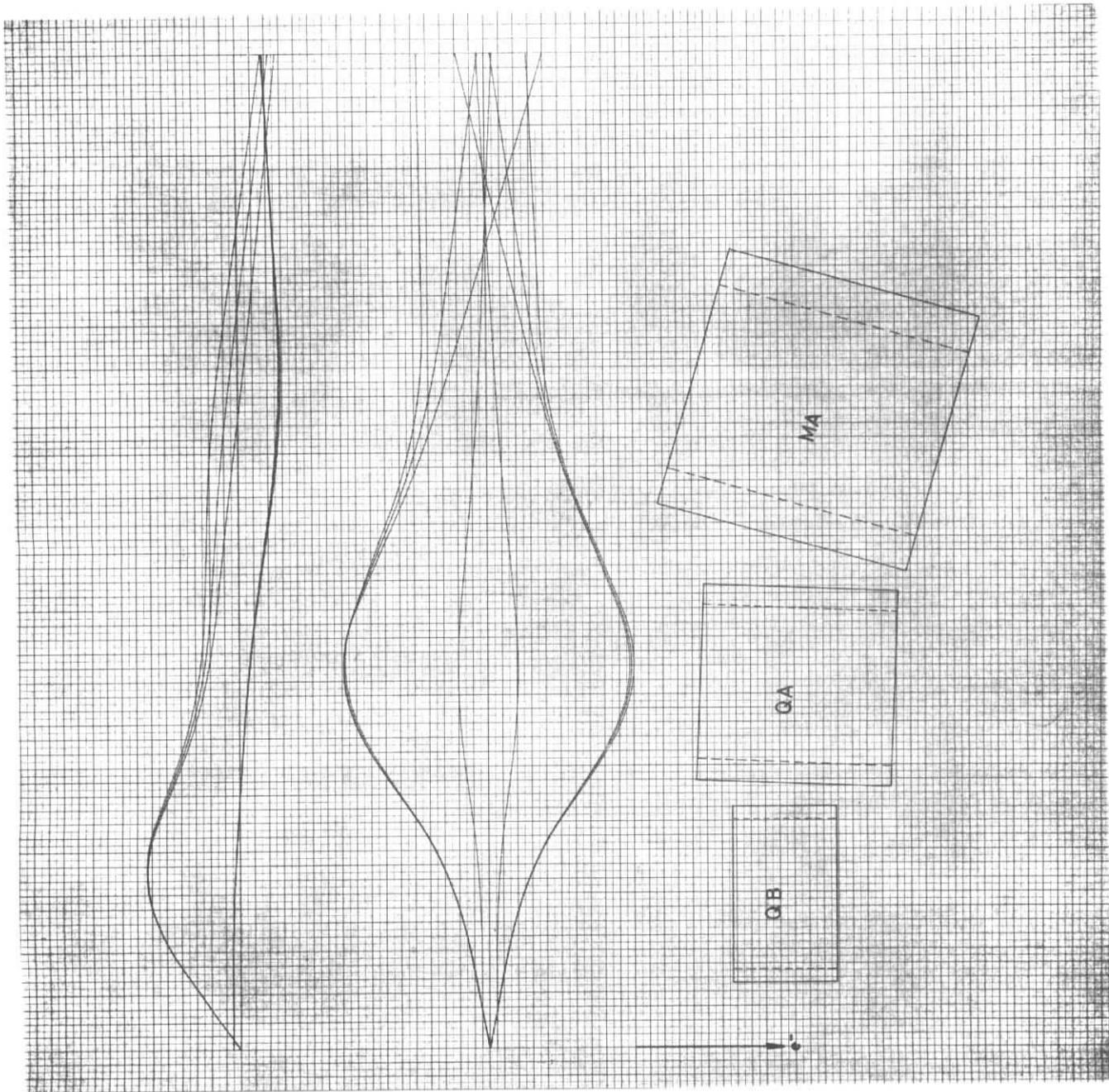
Für die eingebaute Blende wurde die Raumwinkelakzeptanz bestimmt. Das Präparat wurde durch Einbau in die Endvakuumkammer geeicht. Es ergab sich ein Raumwinkel von $4,30$ msterad. Der berechnete Wert beträgt $4,40$ msterad. In diesen Messungen wurde mit einem Halbleiterzähler festgestellt, dass das α -Spektrum einen niederenergetischen Schwanz aufweist. $1,5$ % der α -Teilchen, die noch von dem Szintillationszähler registriert wurden, hatten eine grössere Impulsabweichung als 5 % (10 % Energieabweichung).

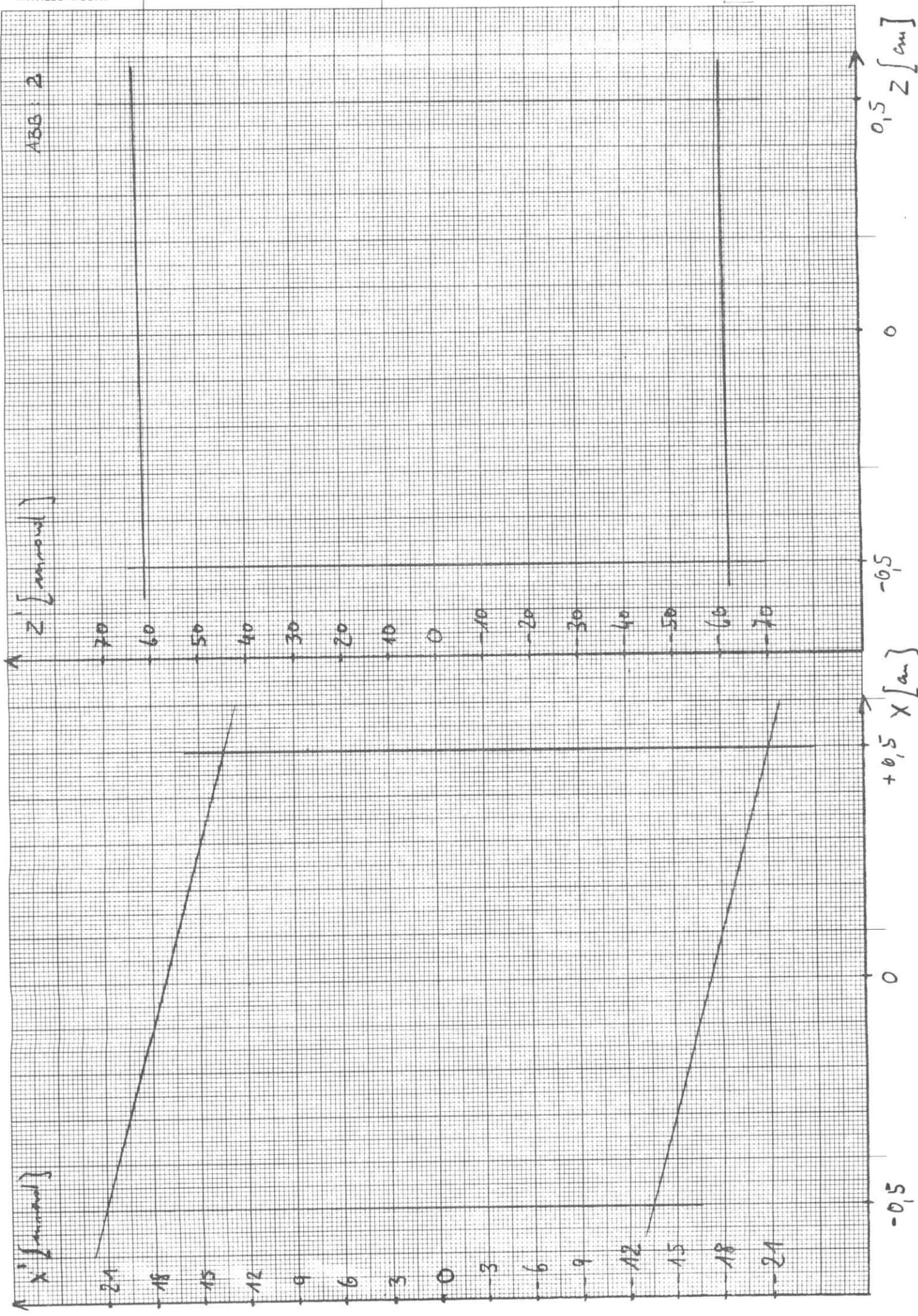
6.

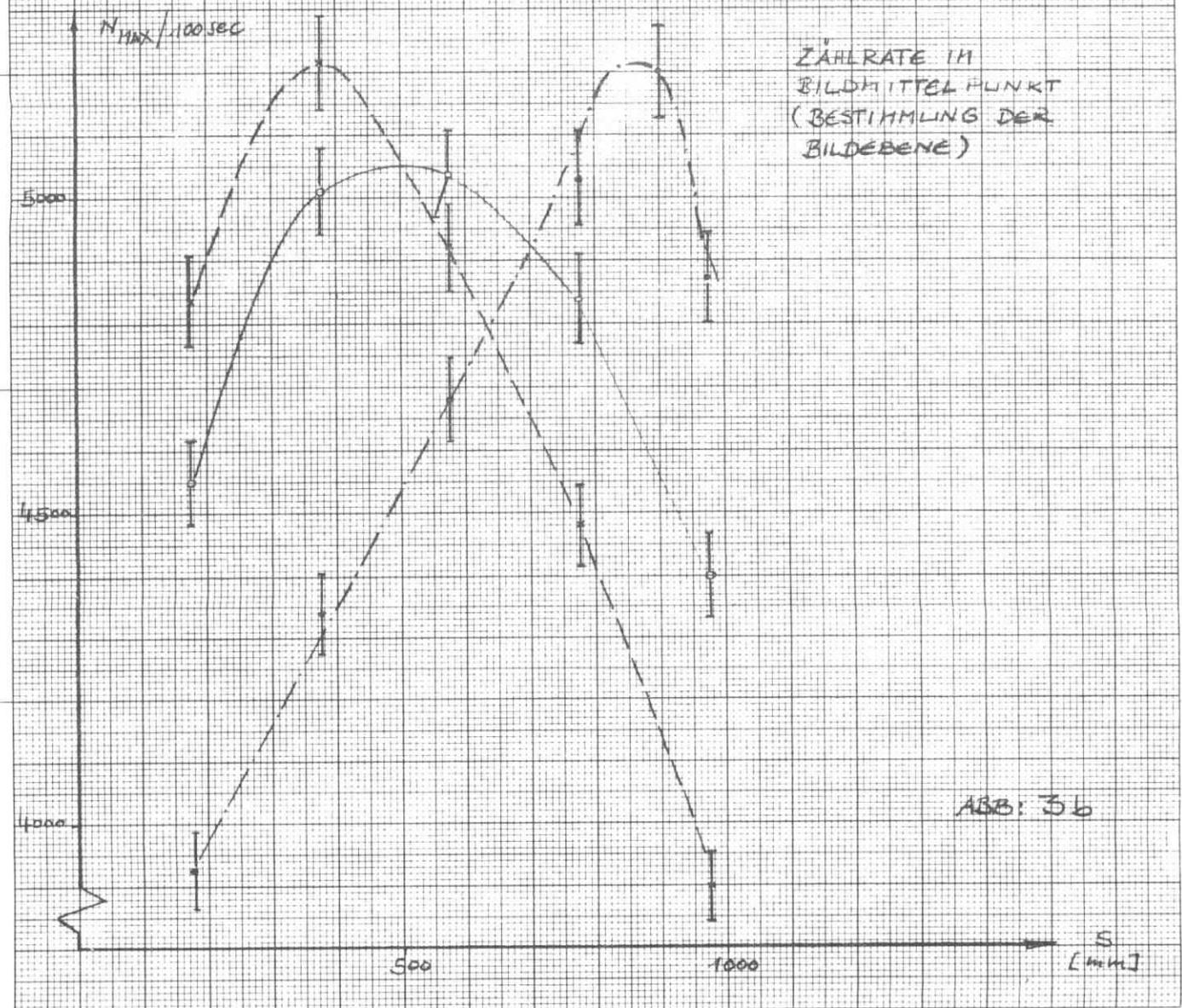
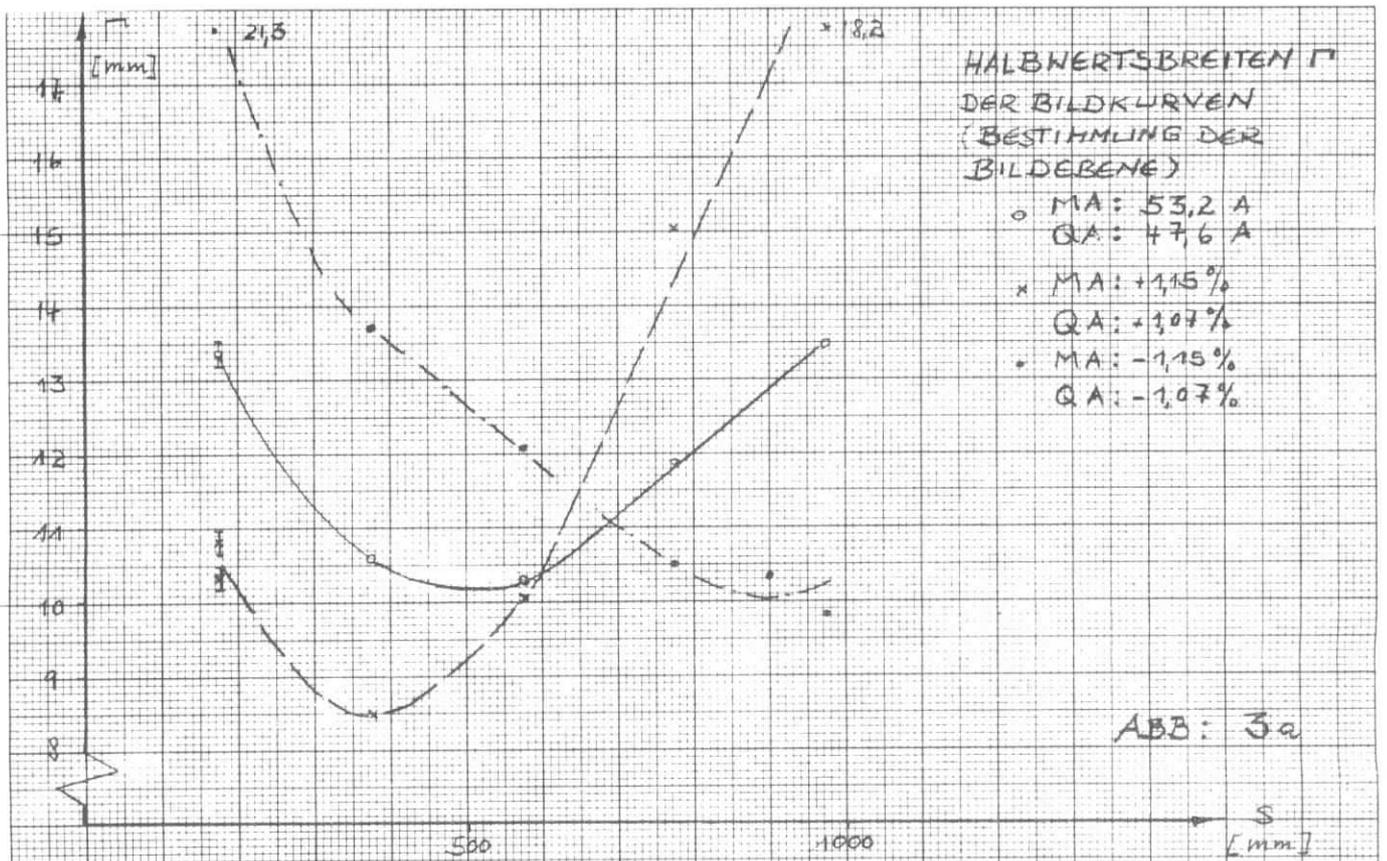
Der Halbleiterzähler selbst zeigt zwar auch einen ähnlichen Effekt, jedoch durch Einbau des Zählers hinter das Spektrometer und direkt hinter die Quelle konnte der Einfluss des Zählers und des Präparats auf den niederenergetischen Schwanz getrennt werden.

Abbildungen

- Abb. 1 - Strahlengang und Aufbau des Spektrometers. Sinusähnliche und Cosinusähnliche Bahnen für z (oben) und x (unten) mit 1 % Impulsabweichung.
- Abb. 2 - Phasenraumbegrenzung.
- Abb. 3 - Halbwertsbreite der Bilder (oben) und maximale Zählrate in Bildmitte (unten) für verschiedene Impulse als Funktion von s.
- Abb. 4 - gemessenes Bild mit dem zu erwartenden Bild verglichen.
- Abb. 5 - Abhängigkeit der Zählrate im Bildmaximum vom Druck.
- Abb. 6 - Impulsabhängigkeit der Winkelakzeptanz. Die eingezeichneten Geraden wurden für die beiden Koordinaten x und z und den totalen Raumwinkel berechnet.
- Abb. 7a- Abhängigkeit der Winkelakzeptanz vom Strom im QA.
- Abb. 7b- Abhängigkeit der Winkelakzeptanz vom Strom im MA für verschiedene Ströme im QA. Auf der eingezeichneten Geraden ist die Gesamtablenkung konstant.
- Abb. 8 - Winkelakzeptanz als Funktion von s. Die eingezeichnete Gerade wurde berechnet.







2000

7500

30000

95000

150000

215000

280000

35

30

20

10

0

10

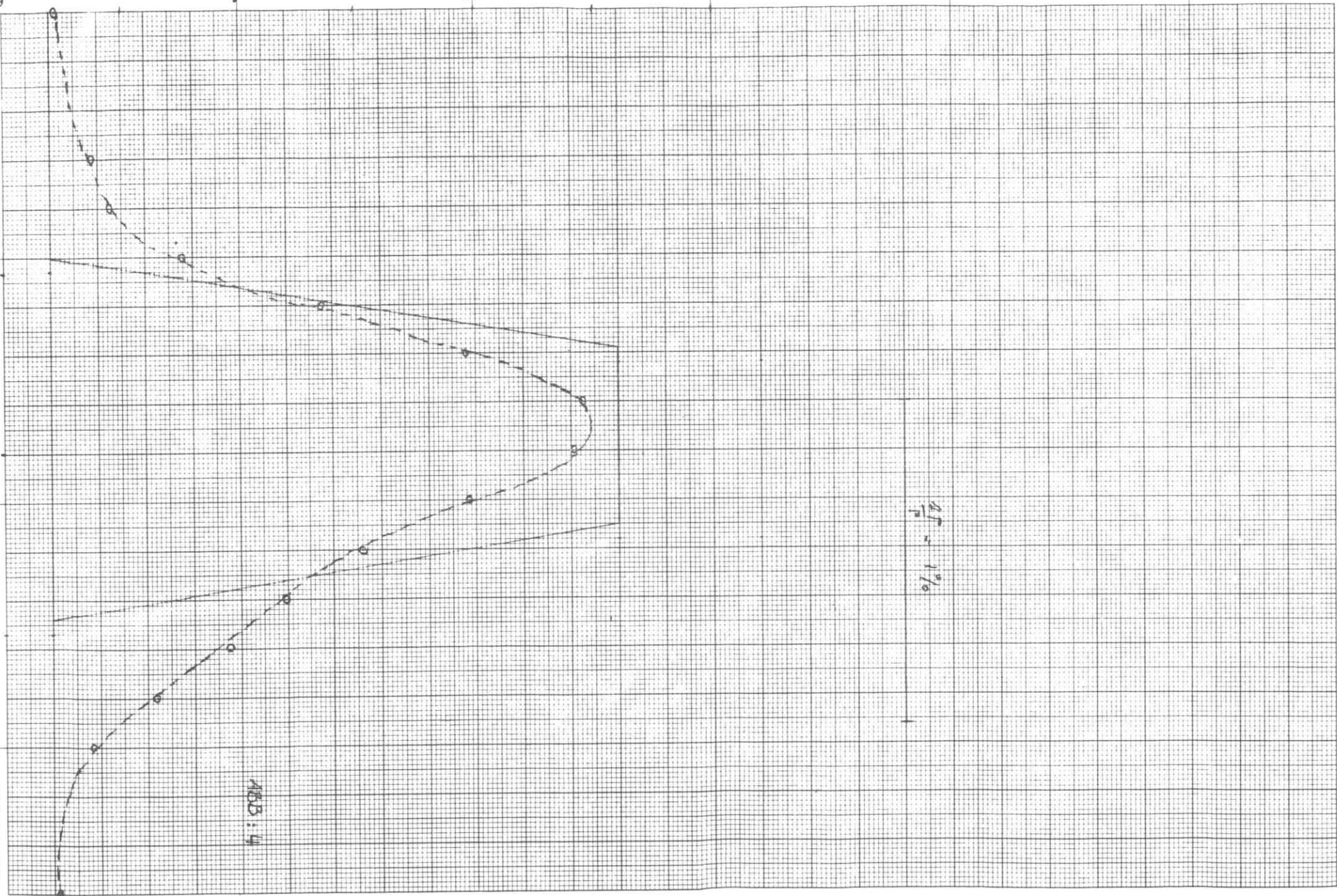
20

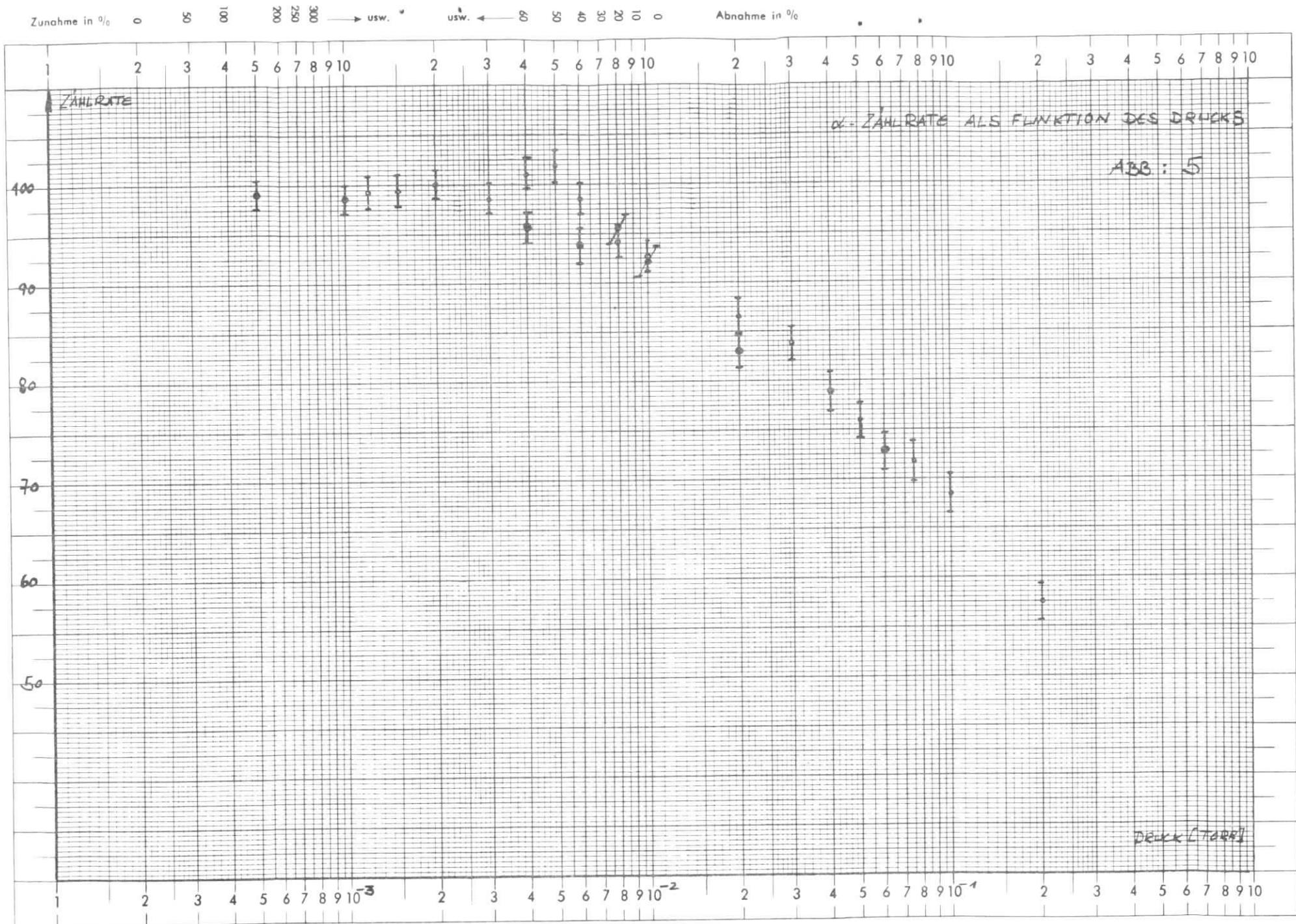
30

MKS : 4

$\frac{df}{f} = 1\%$

MADE IN GERMANY





α -ZÄHLRATE

THEORETISCHE STEIGUNG DER GERADEN: $+ 1,47 \text{ } \frac{\%}{\text{A}}$

RESULTIEREND: $+ 1,47 \text{ } \frac{\%}{\text{A}}$

Z

X

ABB. 6

JOB [A]

39,4

41,4

43,4

45,4

47,4

49,4

51,4

ABB: 70

α -ZÄHLRATE

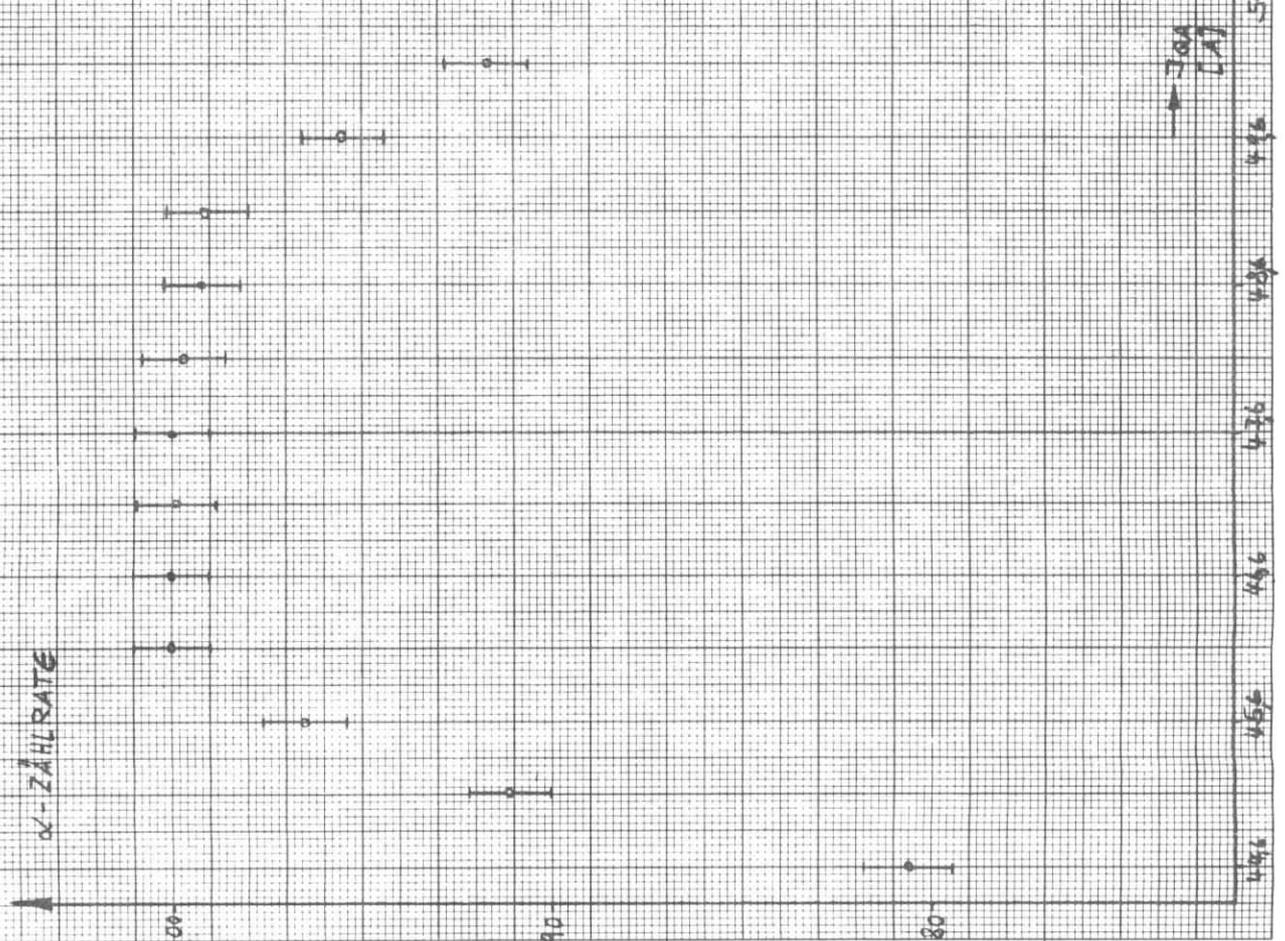
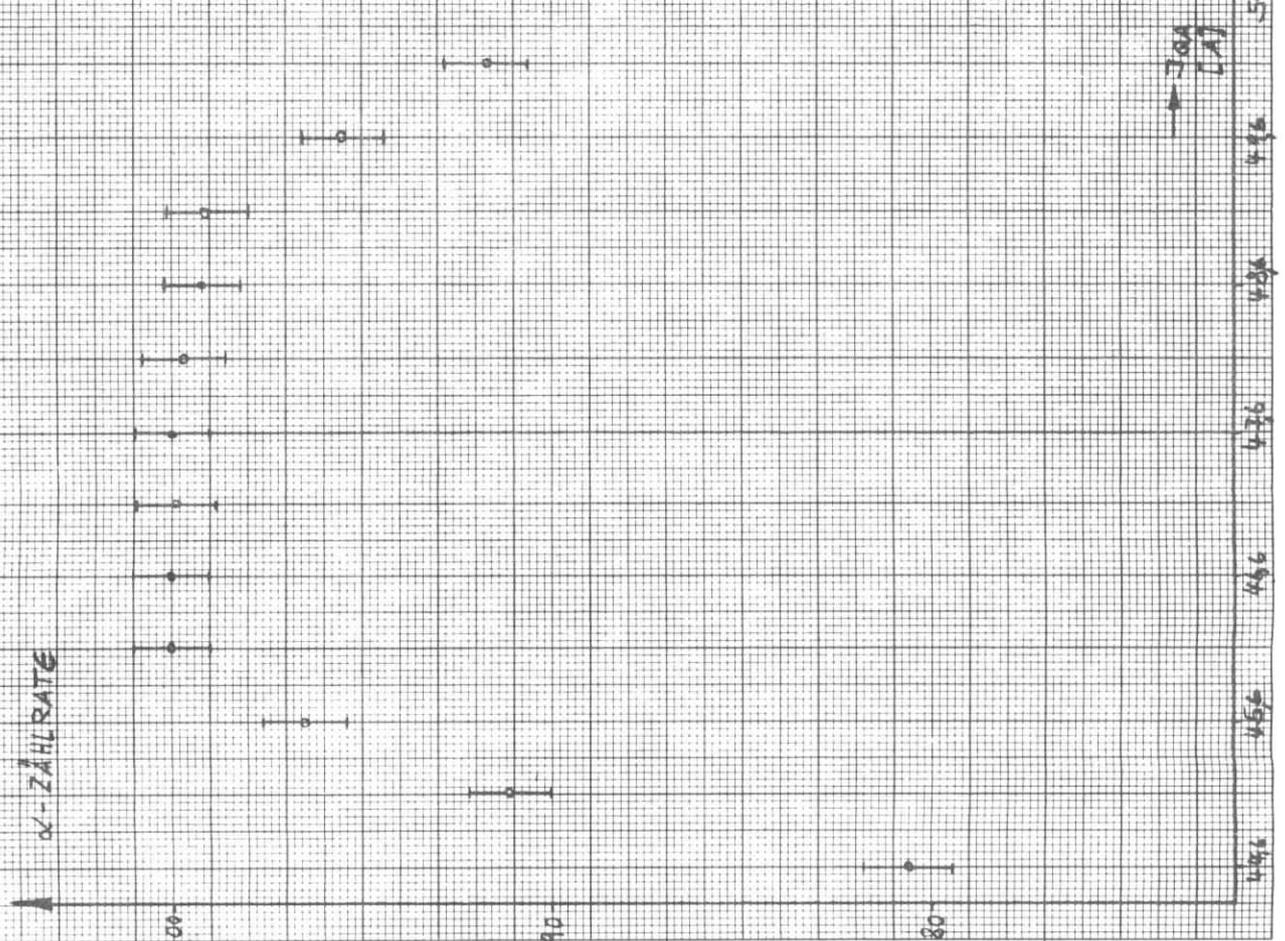


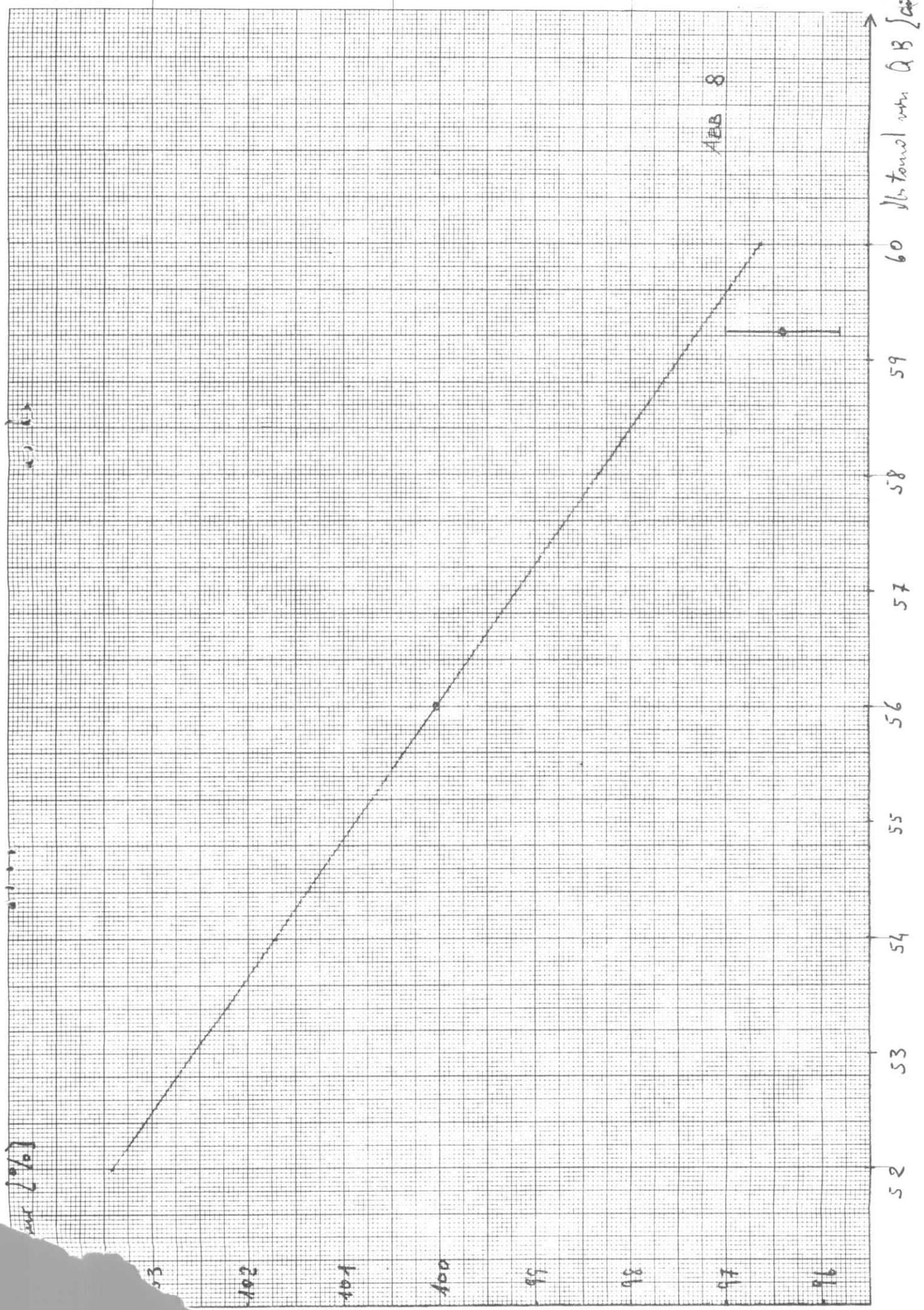
ABB: 76

α -ZÄHLRATE



$$\left(\frac{\Delta J_{OA}}{\Delta J_{MA}} \right)_{THEOR} = -2,40$$

$$\left(\frac{\Delta J_{OA}}{\Delta J_{MA}} \right)_{MESSUNG} = -2,48$$



AEB 8

v [cm/s]

Abstand zur AB [cm]

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411