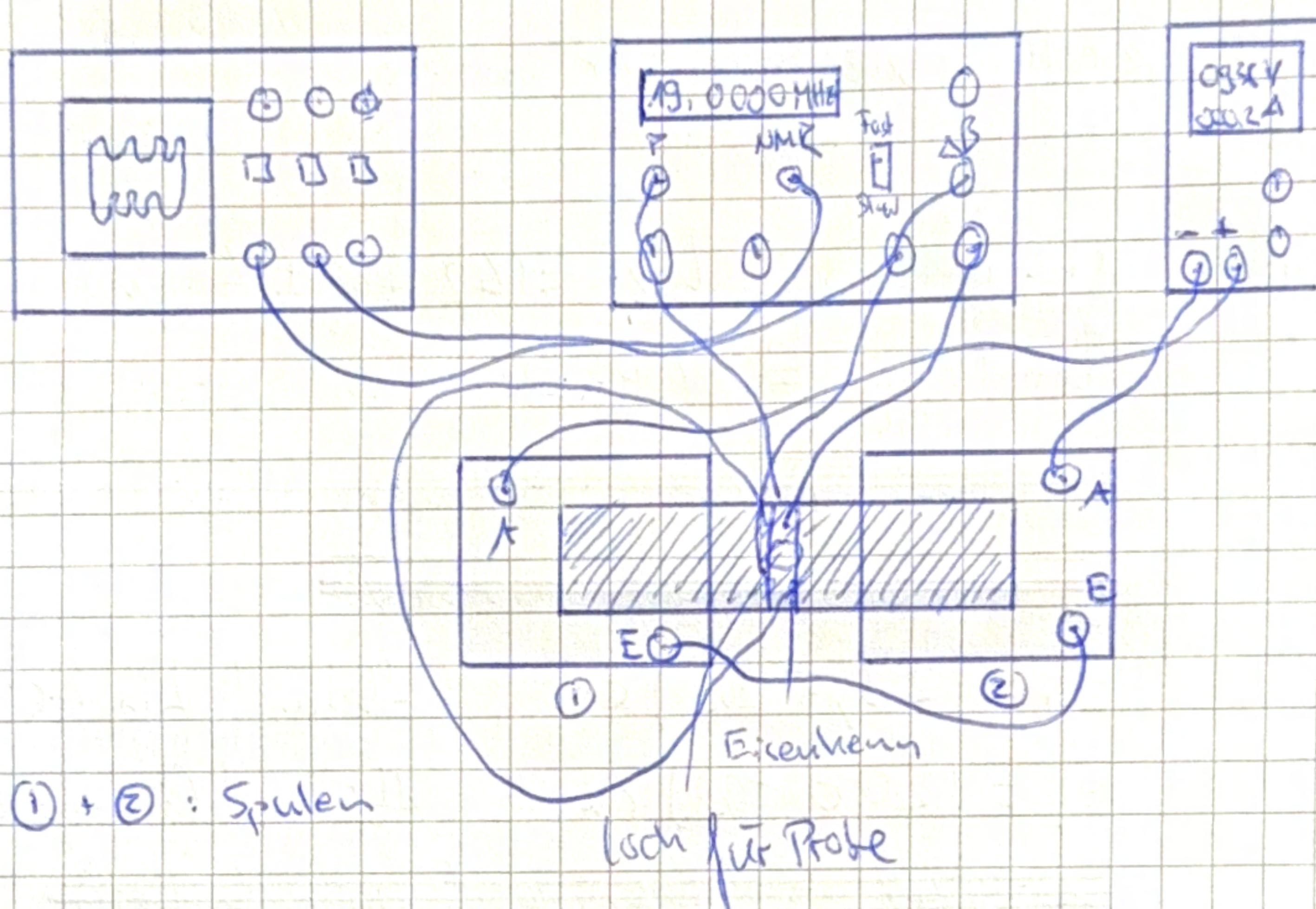


21.08.25

NMR - 1 Kernspinresonanz

Teilversuch 1: NMR an flüssiger und festen Proben mit Photonen



Erörterung Messaufbau:

- konst. Magnetfeld erzeugt durch Spulen (durchrichten der Spine)
- Oszillierendes Magnetfeld durch Eisenkern
↳ bei richtiger Frequenz: Spinflip (Punkt den wir wollen; Resonanzfrequenz)
↓
für jeweilige Probe

Gehoffte Einstellungen:

$$f = 19.0168 \text{ MHz}$$

$$U = 8,60 \text{ V}$$

$$I = 3,584 \text{ A}$$

Vergleich der Kurven / Proben:

1. Glyzerin: Ausschlag nach oben und unten ca. gleich groß
2. Bei Wasser & Polystyrol ist Ausschlag nach unten größer als nach oben
3. Ausschläge geordnet nach Größe, von max zu min:
Glyzerin > Wasser > Polystyrol
4. f bei Wasser größer als bei Glyzerin und Polystyrol.

Beobachtungen 1:

- Rauschen / Filtern des Signals ist sehr stark
- Manchmal liegen Signale (pos. / neg. Peak) schön übereinander, manchmal nicht, ohne Veränderung von Phase

Abweichungen Versuchsplan: \emptyset

Teilversuch 2: NMR an einer festen Probe mit Fluorkernen

Ablauf wie T1/ nur mit Teflon als Probelörper

Beobachtungen:

1. Nur Ausschlag nach unten
2. Nur ein Peak ~~ausstatt~~ ausstatt mehrerer Oszillationen
3. Frequenz verändert. Deutlich geringer

Abweichungen Versuchsplan: \emptyset

Teilversuch 3: Bestimmung der Resonanzbreite

$$f_1 = 17.8207 \text{ MHz} \quad \text{Peak bei: } x_1 = -3 \cancel{\text{Div}}$$

$$f_2 = 17.8470 \text{ MHz} \quad x_2 = +3 \cancel{\text{Div}}$$

$$\Delta f = 0,00013 \text{ MHz} \quad \Delta x = 0,5 \cancel{\text{Div}}$$

FWHM im Einheit Div:

$$\text{Hintergrundleve: } y_1 = +1,5 \text{ Div}$$

$$\text{Peak: } y_2 = -3 \text{ Div}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{AVG: } \cancel{0,75} \\ -0,75 \text{ Div} \end{array} \right\}$$

$$\text{Breite: } [-1; 0,75] \text{ Div}$$

$$\hookrightarrow \text{Unsicherheit: } 0,25 \text{ Div}$$

$$f_2 - f_1 = (17.8470 - 17.8207) \text{ MHz} = 0,0263 \text{ MHz} \neq 6 \text{ Div}$$

$$1 \text{ Div} \hat{=} 0,004383 \text{ MHz} \quad (\text{bei } 200 \text{ mV / Div})$$

$$\Rightarrow b_1 = (0,004383 \cdot 1,75) \text{ MHz} = 0,00767 \text{ MHz} \quad (\text{Teflon})$$

TV1

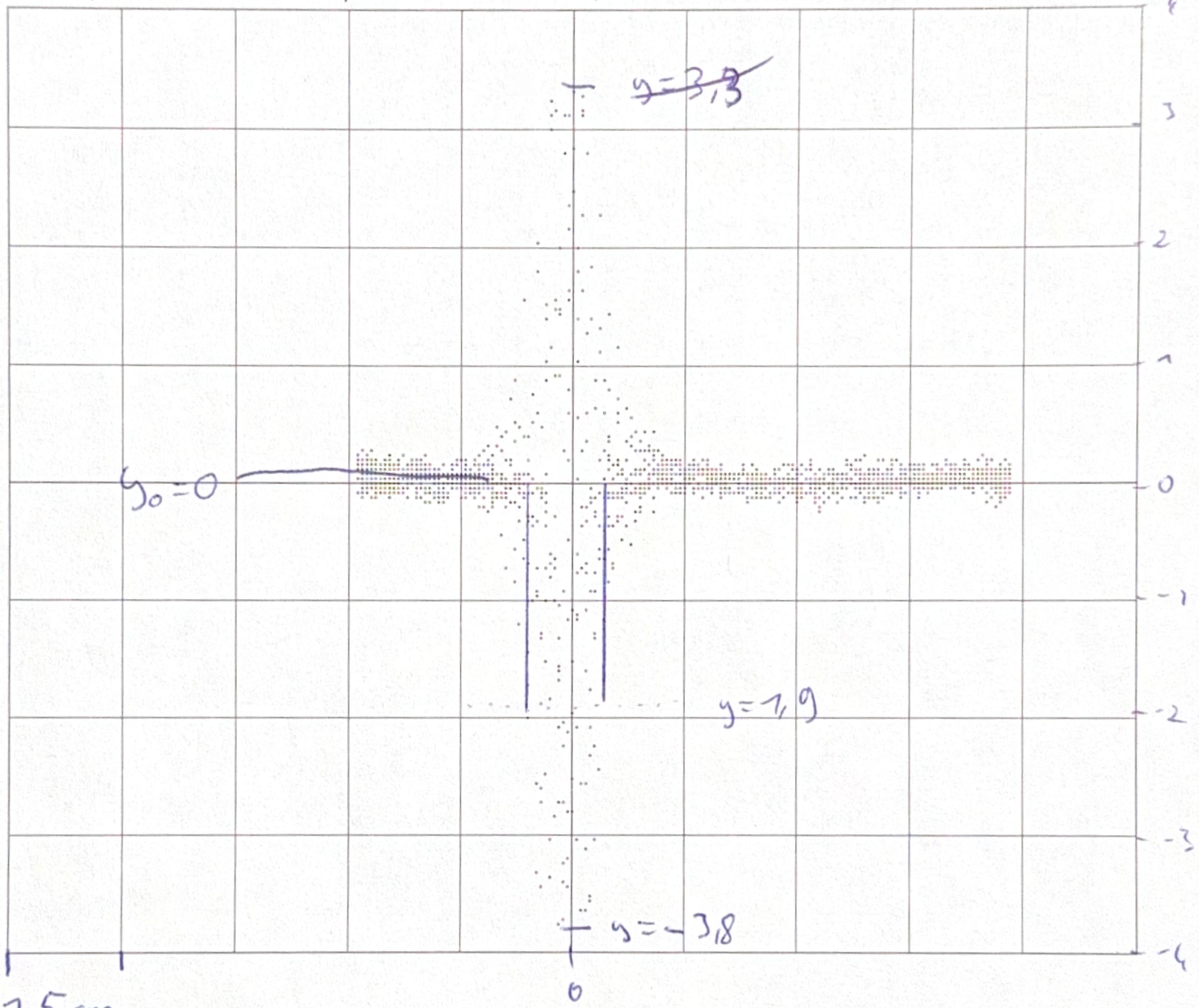
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 09:09:00

Measure date: 21.08.2025

CHX: , 500V AC CHY: , 200V AC 20 KS/s



$$7,5 \text{ cm} \\ \Rightarrow 7 \text{ cm} \equiv \frac{2}{3} \text{ DIV}$$

Notes: Glycerin

$$f = 19.0168 \text{ MHz}$$

$$U = 8,60 \text{ V}$$

$$I = 3,584 \text{ A}$$

TV1

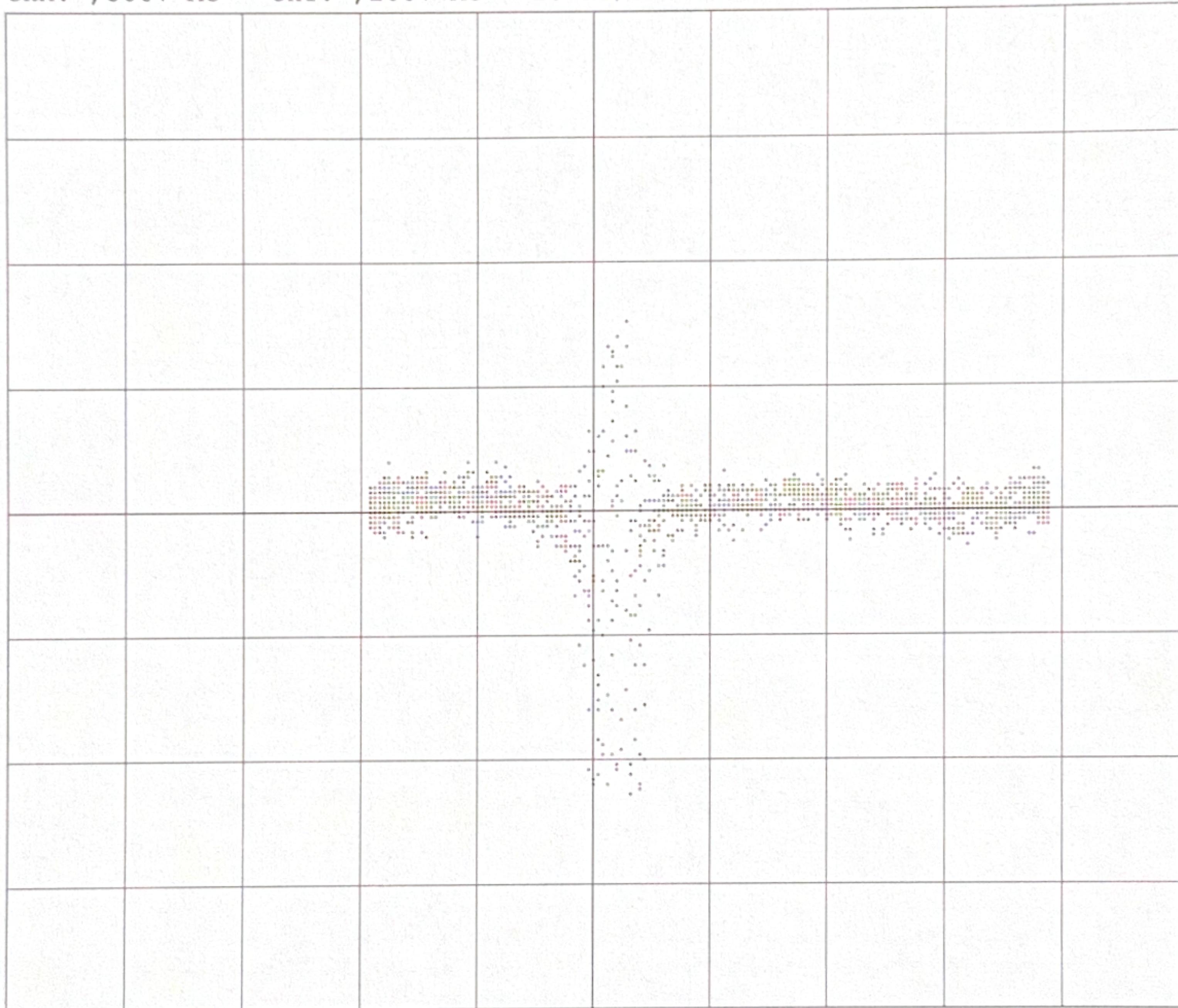
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 09:16:04

Measure date: 21.08.2025

CHX: ,500V AC CHY: ,200V AC 20 KS/s



Notes: Polystyrol

$$f = \cancel{14.015} \cdot 19.0195 \text{ MHz}$$

$$U = 8.61 \text{ V}$$

$$I = 3.584 \text{ A}$$

TV1

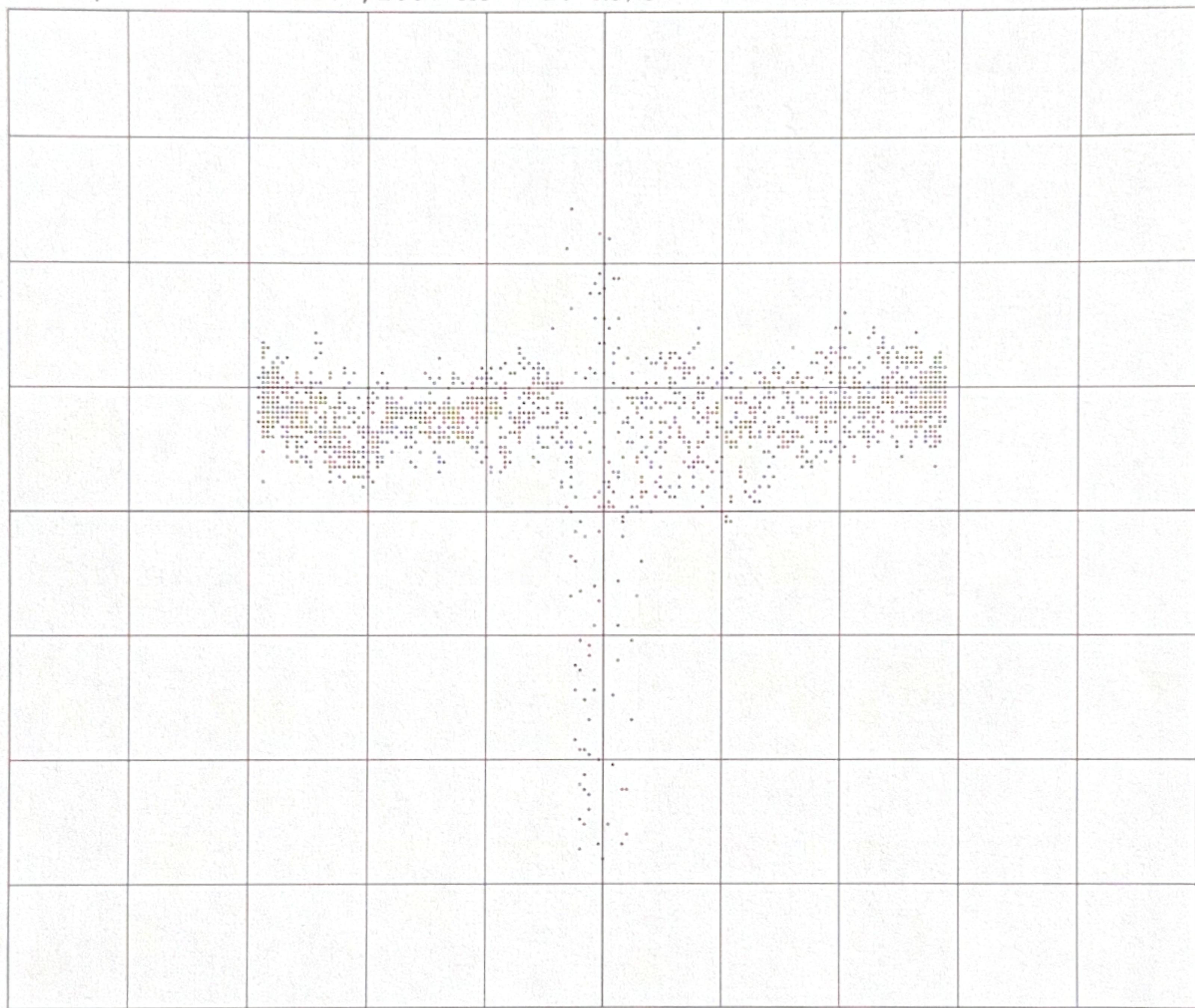
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 09:21:05

Measure date: 21.08.2025

CHX: , 500V AC CHY: , 200V AC 20 KS/s



Notes: Wasser

$$f = 19.0264 \text{ MHz}$$

$$U = 8.71 \text{ V}$$

$$I = 3.587 \text{ A}$$

TV 2,3

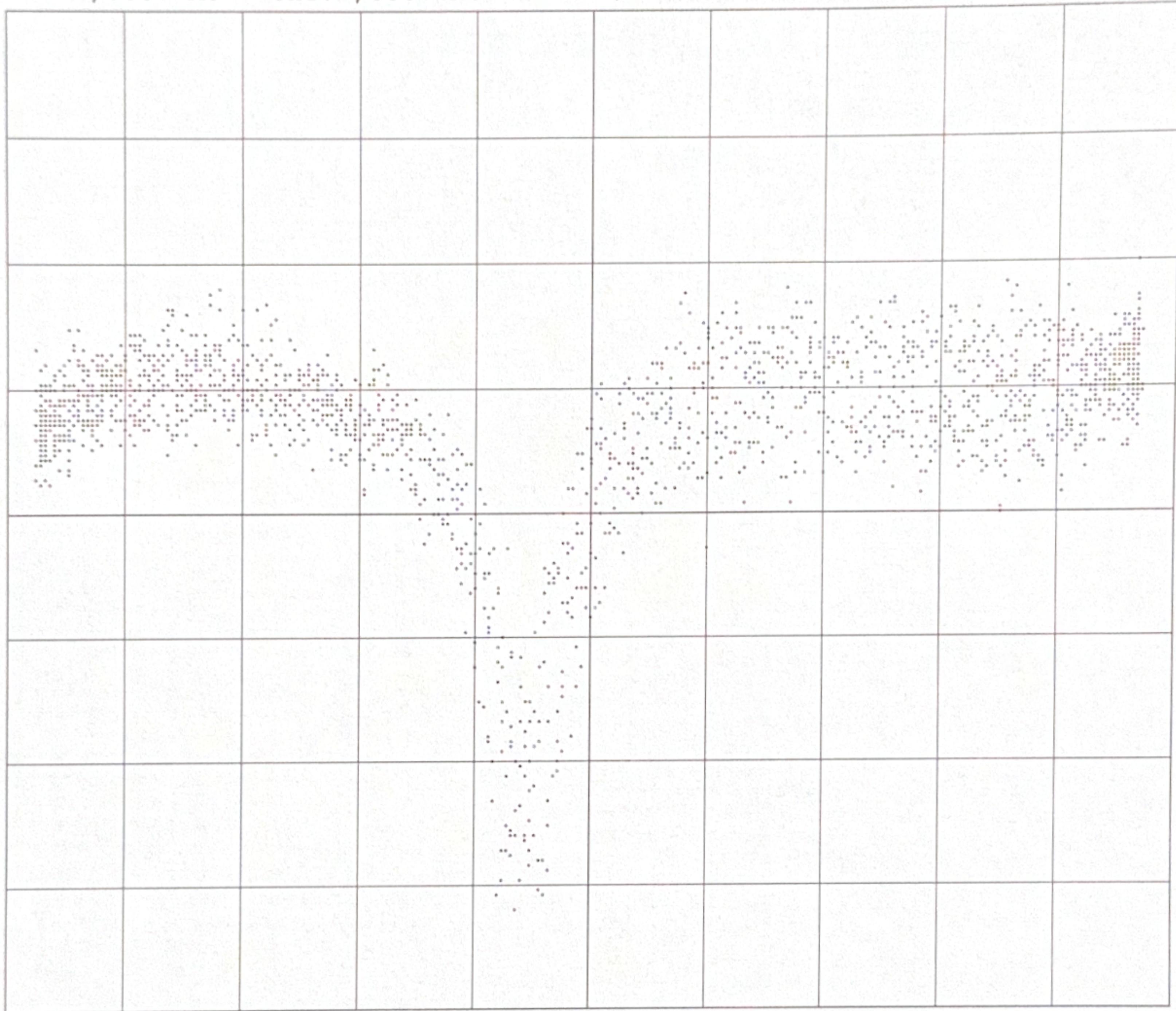
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 09:41:44

Measure date: 21.08.2025

CHX: ,500V AC CHY: ,050V AC 20 KS/s



Notes: PTFE

$$f = 17.8339 \text{ MHz}$$

$$U = 8.86 \text{ V}$$

$$I = 3.571 \text{ A}$$

Beobachtungen:

- Rauschen / Filtern des Signals ist sehr stark
- Manchmal liegen Signale (pos. / neg. Peak) schön übereinander, manchmal nicht, ohne Veränderung von Phase

Abweichungen Versuchsplan: ⚡

Teilversuch 2: NMR an einer festen Probe mit Fluorkernen

Ablauf wie TVI nur mit Teflon als Probelörper

Beobachtungen:

1. Nur Ausschlag nach unten
2. Nur ein Peak ~~mit~~ ausstatt mehrerer Oszillationen
3. Frequenz verändert Deutlich weniger

Abweichungen Versuchsplan: ⚡

Teilversuch 3: Bestimmung der Resonanzbreite

$$f_1 = 17,8207 \text{ MHz} \quad \text{Peak bei: } x_1 = -3 \text{ Div}$$

$$f_2 = 17,8470 \text{ MHz} \quad x_2 = +3 \text{ Div}$$

$$\Delta f = 0,00016 \text{ MHz} \quad \Delta x = 0,5 \text{ Div}$$

FWHM in Einheit Div:

$$\text{Hintergrundlever: } y_1 = +1,5 \text{ Div} \quad \left. \right\} \text{ AVG: } 0,75 \text{ Div}$$

$$\text{Peak: } y_2 = -3 \text{ Div}$$

$$\text{Breite: } [-1; 0,75] \text{ Div}$$

$$\hookrightarrow \text{Unsicherheit: } 0,25 \text{ Div}$$

$$f_2 - f_1 = (17,8470 - 17,8207) \text{ MHz} = 0,0263 \text{ MHz} \approx 6 \text{ Div}$$

$$1 \text{ Div} \approx 0,004383 \text{ MHz} \quad (\text{bei } 200 \text{ mV / Div})$$

$$\Rightarrow b_1 = (0,004383 \cdot 1,75) \text{ MHz} = 0,00767 \text{ MHz} \quad (\text{Teflon})$$

Glycerin:

$$\begin{array}{l} \cancel{y_1 = +3,3 \text{ Div}} \\ y_2 = -3,8 \text{ Div} \end{array} \quad \left. \right\} \cancel{\Delta y = 7,1 \text{ Div}}$$

$$\begin{array}{l} y_1 = 0 \text{ Div} \\ y_2 = -3,8 \text{ Div} \end{array} \quad \left. \right\} \Delta y = 1,8 \text{ Div}$$

(Skala: 500 mV/Div)

$$\text{Breite: } 0,7 \text{ Div} \equiv 0,7 \cdot 0,5 = 0,35 \text{ V}$$

Umrechnung in Div-Skala von PTFE-Messung (200 mV/Div):

$$\text{In PTFE-Skala-Einheiten: Breite: } \frac{350 \text{ mV}}{200 \text{ mV/Div}} = 1,75 \text{ Div}$$

$$\text{Umrechnung in Frequenz: } \Delta f_2 = 1,75 \text{ Div} \cdot 0,004383 \frac{\text{MHz}}{\text{Div}} = 0,00767 \text{ MHz}$$

Polystearol:

$$\begin{array}{l} y_1 = 7,8 \text{ Div} \\ y_2 = -2,8 \text{ Div} \end{array} \Rightarrow \Delta y = 10,6 \text{ Div}, \quad y_{1+2} = y_1 - \frac{\Delta y}{2} = -0,5 \text{ Div}$$

$$\text{Breite: } \Delta x = 1,0 \text{ Div} \equiv 0,1 \text{ V} \quad (\text{mit Skala } 100 \text{ mV/Div})$$

$$\text{Umrechnung in Div-Skala von PTFE-Messung (200 mV/Div): } \cancel{0,10} \text{ Div}$$

$$\text{Umrechnung in Frequenz: } \Delta f_3 = \cancel{0,10} \text{ Div} \cdot 0,004383 \frac{\text{MHz}}{\text{Div}} = 0,00219 \text{ MHz}$$

Wasser:

$$\begin{array}{l} y_1 = 0,74 \\ y_2 = -3,1 \end{array} \quad \left. \right\} \Delta y = 3,8 \text{ Div}, \quad y_{1+2} = y_1 - \frac{\Delta y}{2} = -0,85 \text{ Div}$$

$$\text{Breite: } \Delta x = 1,6 \text{ Div} \equiv 160 \text{ mV} \quad (\text{Skala: } 100 \text{ mV/Div})$$

$$\text{Umrechnung in Div-Skala von PTFE-Messung (200 mV/Div): } 0,8 \text{ Div}$$

$$\text{Umrechnung in Frequenz: } \Delta f_4 = 0,8 \text{ Div} \cdot 0,004383 \frac{\text{MHz}}{\text{Div}} = 0,00351 \text{ MHz}$$

Unsicherheiten der abgelesenen Werte aus den ausgedruckten Diagrammen:

$$\Delta y = 0,20 \text{ Div}$$

$$\Delta(\Delta x) = 0,20 \text{ Div}$$

Abweichungen vom Versuchsplan: \emptyset

TV1

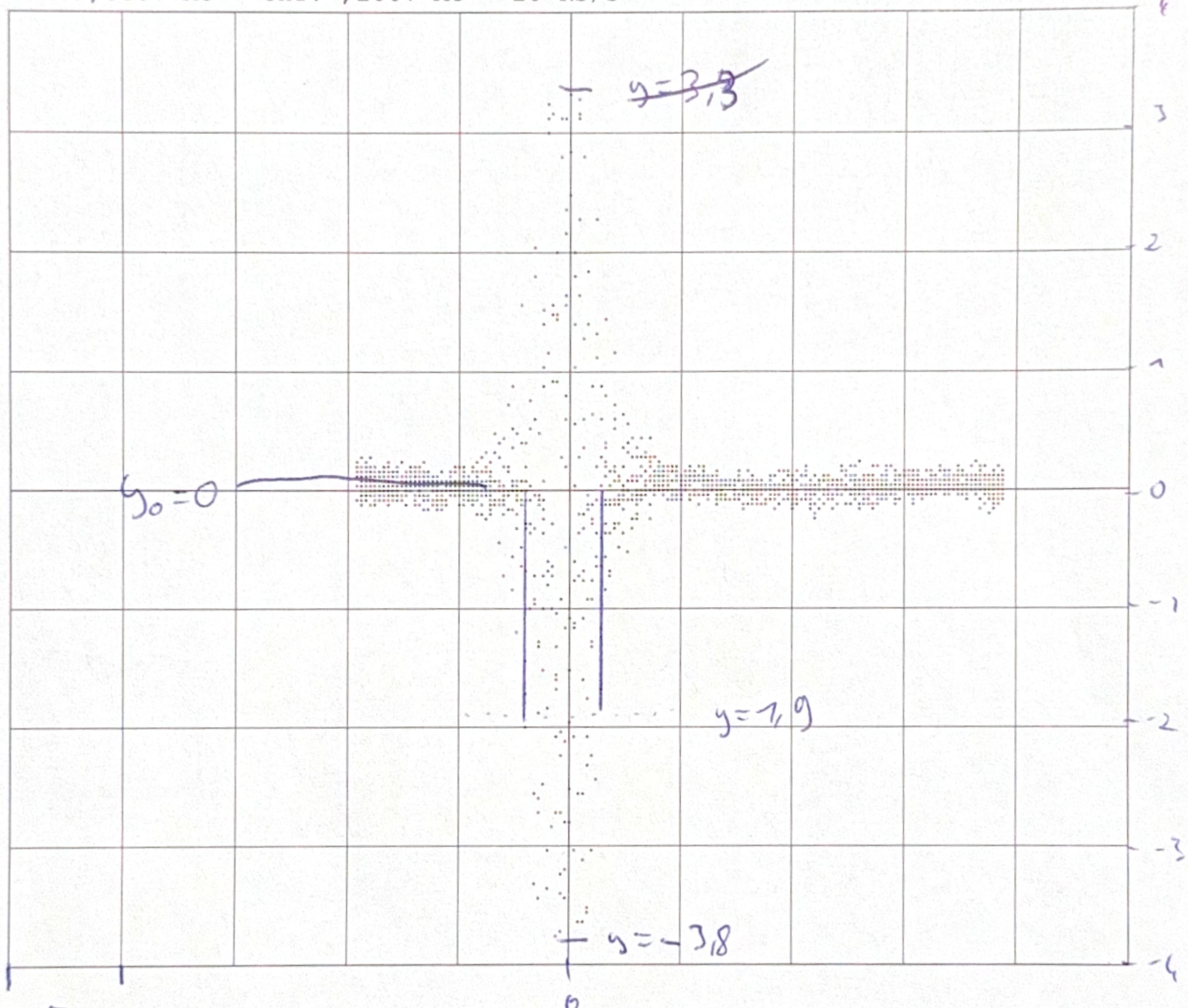
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 09:09:00

Measure date: 21.08.2025

CHX: , 500V AC CHY: , 200V AC 20 KS/s



$$1,5 \text{ cm} \\ \Rightarrow 1 \text{ cm} \stackrel{?}{=} \frac{2}{3} \text{ DIV}$$

Notes: Glycerin

$$f = 19.0168 \text{ MHz}$$

$$U = 8,60 \text{ V}$$

$$I = 3,584 \text{ A}$$

TV 3

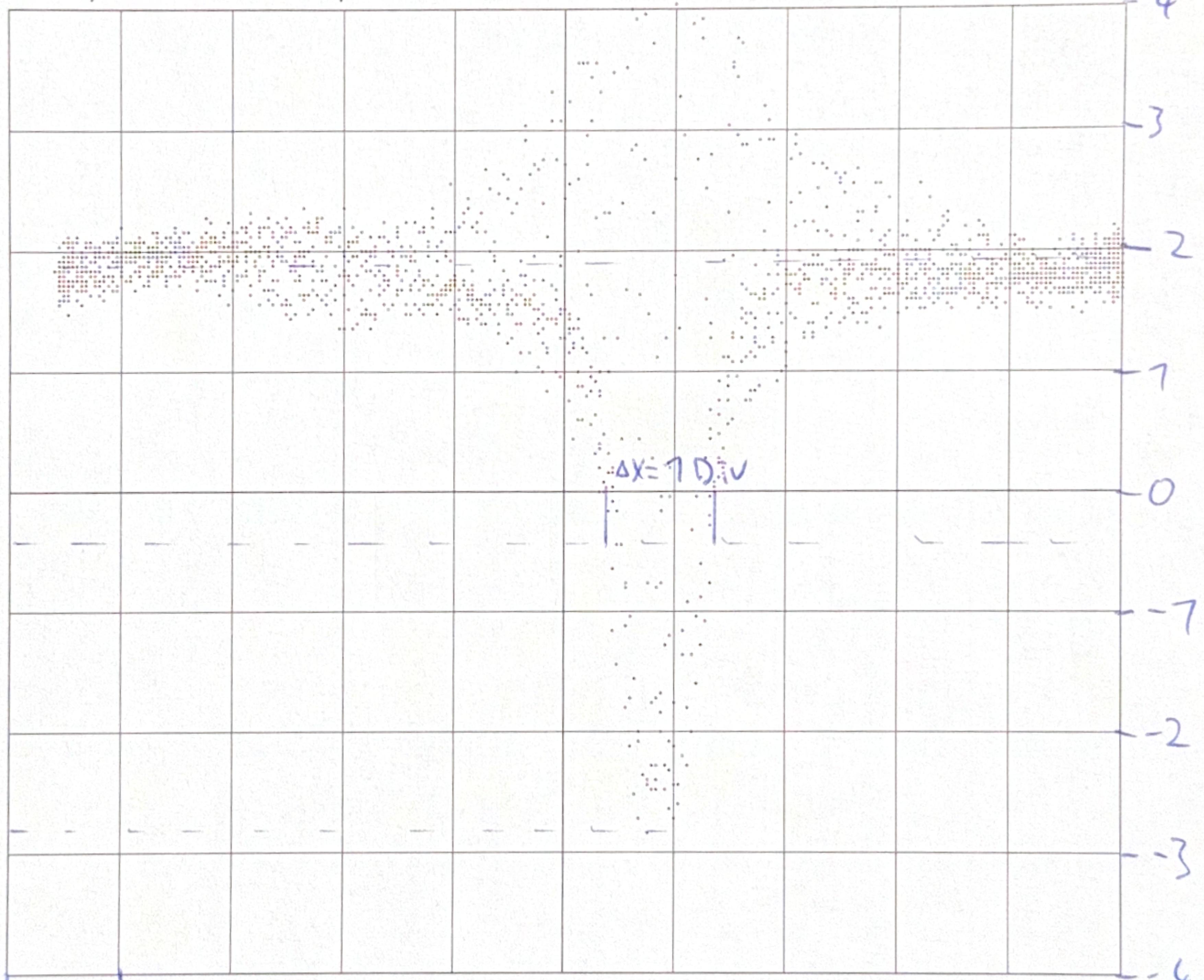
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 10:15:29

Measure date: 21.08.2025

CHX: , 100V AC CHY: , 100V AC 20 KS/s



Notes: Polystyrol

TV3

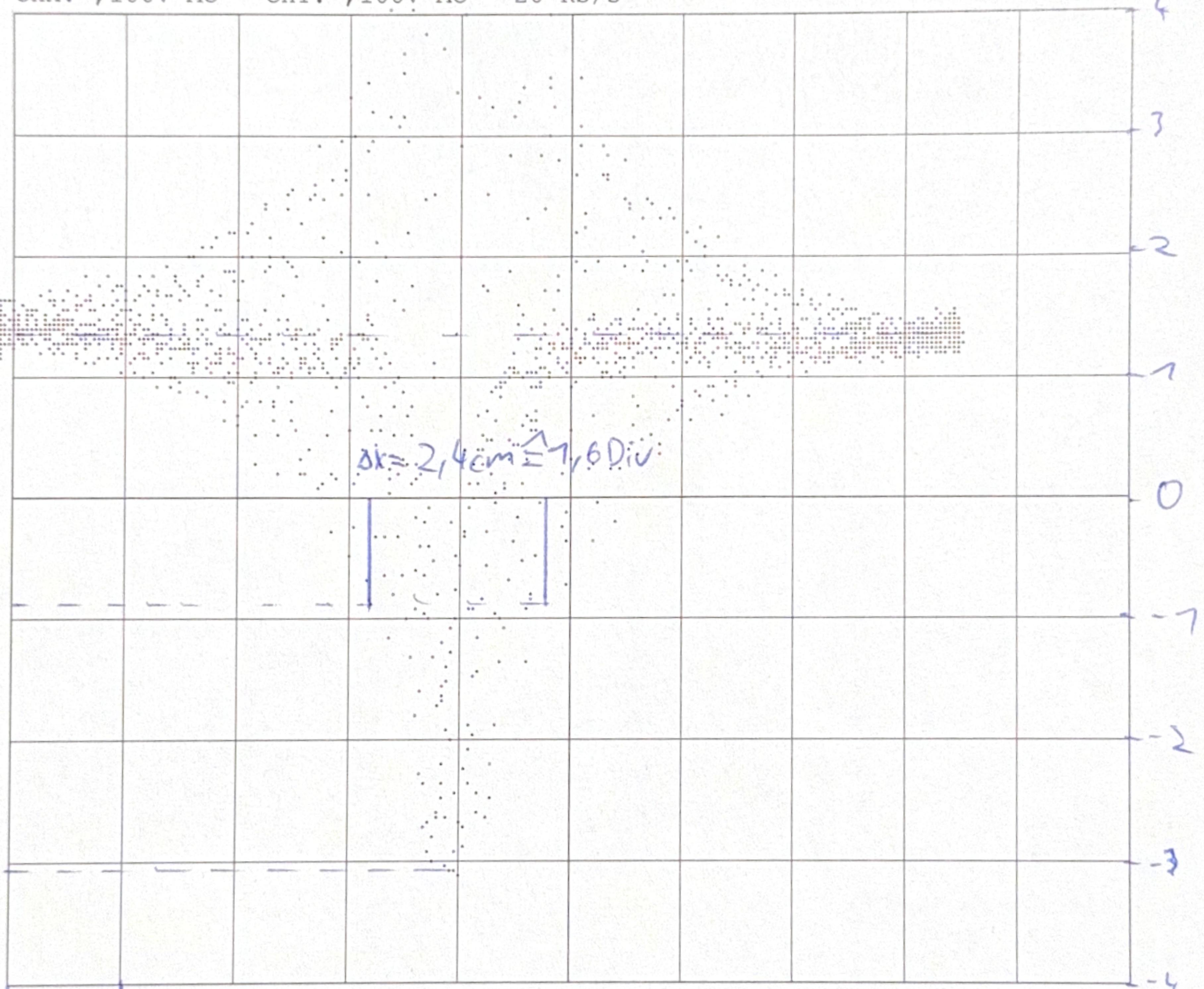
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 10:31:08

Measure date: 21.08.2025

CHX: , 100V AC CHY: , 100V AC 20 KS/s



Notes: Wasser

Teilversuch 4: Anwendungen in der Chemie

Selbst bei sehr kleine Menge an Handcreme ist eine Resonanzkurve am Oszilloskop gut sichtbar.

Diese hat eine Frequenz von $f = 18,90 \frac{25}{27} \text{ MHz}$.

Für Analyse der Bestandteile; I. Auswertung

Ableichungen vom Versuchsplan: Ø

Teilversuch 5: Bestimmung des g-faktors

Bestimmung des B -Feldes im Inneren der Messkammer:

$$B = \cancel{427 \text{ mT}} - 2000 \text{ mT} \quad B = 421 \text{ mT}$$

Maximaler Wert: $B_{\max} = 258 \text{ mT}$ $\Delta B = 1,0$ $\Delta f = 0,00010$

| Glyzerin | # | I [A] | B [mT] | f [Hz] |
|----------|----|-----------------|--------|---------|
| | 1 | (2,790 ± 0,007) | 216 | 15,8671 |
| | 2 | | 217 | 15,9022 |
| | 3 | | 217 | 15,9589 |
| | 4 | | 218 | 16,0148 |
| | 5 | | 218 | 16,0453 |
| | 6 | | 219 | 16,1010 |
| | 7 | | 220 | 16,1518 |
| | 8 | | 220 | 16,2068 |
| | 9 | | 221 | 16,2491 |
| | 10 | | 222 | 16,3059 |
| | 11 | | 222 | 16,3494 |
| | 12 | | 223 | 16,3964 |
| | 13 | | 224 | 16,4508 |
| | 14 | | 225 | 16,5020 |
| | 15 | | 225 | 16,5547 |

TV4

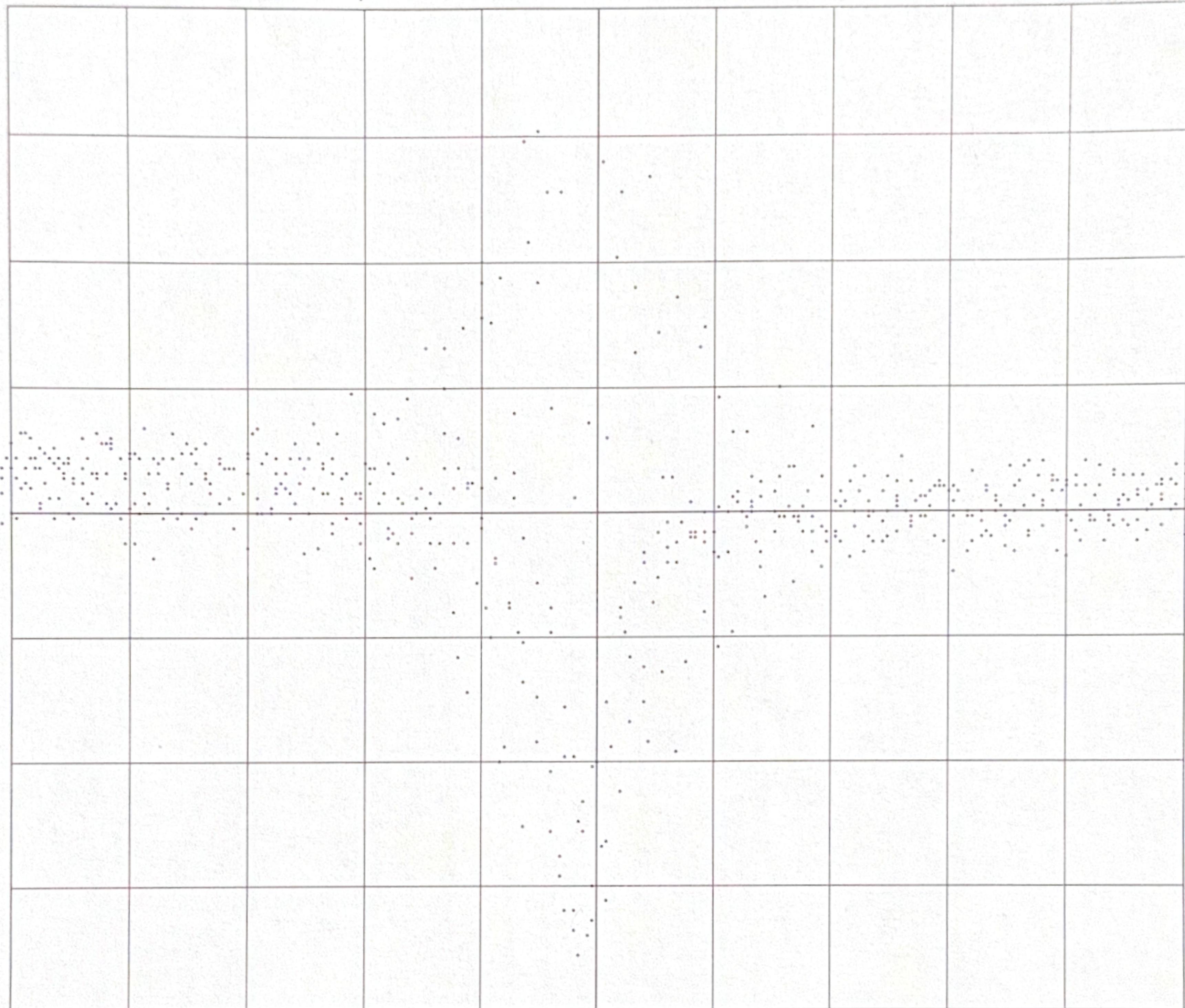
R3

HAMEG Instruments

Measure time: 10:44:03

Measure date: 21.08.2025

CHX: , 200V AC CHY: , 100V AC 20 KS/s



Notes: Probe Handcreme

$$f = 18,9025 \text{ MHz}$$

$$U = 9,06 \text{ V}$$

$$I = 3,553 \text{ A}$$

Teilversuch 4: Anwendungen in der Chemie

Selbst bei sehr kleinen Mengen an Handcreme ist eine Resonanzkurve am Oszilloskop gut sichtbar.

Diese hat eine Frequenz von $f = 18,90 \frac{25}{100} \text{ MHz}$.

Für Analyse der Bestandteile; I. Auswertung

Ableichungen vom Versuchsplan: Ø

Teilversuch 5: Bestimmung des g-Faktors

Bestimmung des B -Feldes im Inneren der Messkammer:

$$\cancel{B = 427 \frac{25}{100} - 2000 \text{ mT}} \quad B = 421 \text{ mT}$$

Maximaler Wert: $B_{\max} = 258 \text{ mT}$ $\Delta B = 1,0$ $\Delta f = 0,0000$

| Glyzerin | # | I [A] | B [mT] | f [Hz] |
|----------|----|---------------------|--------|---------|
| | 1 | $(2,790 \pm 0,007)$ | 216 | 15,8671 |
| | 2 | | 217 | 15,9022 |
| | 3 | | 217 | 15,9589 |
| | 4 | | 218 | 16,0148 |
| | 5 | | 218 | 16,0453 |
| | 6 | | 219 | 16,1010 |
| | 7 | | 220 | 16,1518 |
| | 8 | | 220 | 16,2068 |
| | 9 | | 221 | 16,2481 |
| | 10 | | 222 | 16,3059 |
| | 11 | | 222 | 16,3494 |
| | 12 | | 223 | 16,3964 |
| | 13 | | 224 | 16,4508 |
| | 14 | | 225 | 16,5020 |
| | 15 | | 225 | 16,5547 |

| H | $B [\text{mT}]$ | $f [\text{Hz}]$ |
|-----|-----------------|-----------------|
| 16 | 226 | 16,6047 |
| 17 | 227 | 16,6603 |
| 18 | 227 | 16,6985 |
| 19 | 228 | 16,7496 |
| 20 | 229 | 16,8027 |
| 21 | 229 | 16,8452 |
| 22 | 230 | 16,9001 |
| 23 | 231 | 16,9488 |
| 24 | 232 | 17,0025 |
| 25 | 232 | 17,0526 |
| 26 | 233 | 17,1013 |
| 27 | 234 | 17,1507 |
| 28 | 234 | 17,1993 |
| 29 | 235 | 17,2524 |
| 30 | 236 | 17,3012 |
| 31 | 237 | 17,3489 |
| 32 | 237 | 17,4019 |
| 33 | 238 | 17,4491 |
| 34 | 238 | 17,5036 |
| 35 | 239 | 17,5509 |
| 36 | 240 | 17,6002 |
| 37 | 240 | 17,6524 |
| 38 | 241 | 17,6999 |
| 39 | 242 | 17,7507 |
| 40 | 243 | 17,8043 |
| 41 | 243 | 17,8503 |
| 42 | 244 | 17,9062 |
| 43 | 244 | 17,9525 |

| # | B [mT] | f [Hz] |
|----|--------|---------|
| 44 | 245 | 18,0044 |
| 45 | 246 | 18,0527 |
| 46 | 246 | 18,1026 |
| 47 | 247 | 18,1513 |
| 48 | 248 | 18,2007 |
| 49 | 248 | 18,2502 |
| 50 | 249 | 18,3005 |
| 51 | 250 | 18,3508 |
| 52 | 251 | 18,4022 |
| 53 | 251 | 18,4488 |
| 54 | 252 | 18,4994 |
| 55 | 253 | 18,5509 |
| 56 | 253 | 18,6004 |
| 57 | 254 | 18,6507 |
| 58 | 255 | 18,7024 |
| 59 | 255 | 18,7509 |
| 60 | 256 | 18,8013 |
| 61 | 256 | 18,8502 |
| 62 | 257 | 18,9010 |
| 63 | 258 | 18,9504 |
| 64 | 259 | 19,0009 |

| Wasser | # | B [mT] | f [MHz] |
|--------|---|--------|---------|
| | 1 | 227 | 16,6596 |
| | 2 | 232 | 17,0090 |
| | 3 | 236 | 17,3316 |
| | 4 | 240 | 17,6675 |
| | 5 | 245 | 18,0021 |
| | 6 | 249 | 18,3331 |

| # | B [mT] | f [MHz] |
|----|--------|---------|
| 7 | 254 | 18,6634 |
| 8 | 257 | 18,9001 |
| 9 | 258 | 19,0045 |
| 10 | 260 | 19,1068 |

| PtFE | # | B [mT] | f [MHz] |
|------|----|--------|---------|
| | 1 | 242 | 16,6655 |
| | 2 | 247 | 16,9995 |
| | 3 | 251 | 17,3330 |
| | 4 | 256 | 17,6647 |
| | 5 | 261 | 18,0006 |
| | 6 | 266 | 18,3352 |
| | 7 | 271 | 18,6675 |
| | 8 | 274 | 18,9013 |
| | 9 | 275 | 19,0004 |
| | 10 | 277 | 19,1358 |

Beobachtungen:

1. sehr viele Messwerte bei Glycerin
2. zunehmende Frequenz \rightarrow Magnetfeld muss steigen, um Kernspinresonanz zu erhalten
3. Werte für B bei Wasser & Glycerin sehr ähnlich
4. PtFE gleiche f \rightarrow höheres B
(Alle B-Feld-Werte wurden mit der Einstellung "2000" abgelesen)

Ausweichungen (Versuchsplan: ✓)

Teilversuch 6: Modellversuch zum Spin

Beobachtungen: Billardkugel mit Magnet dreht sich reibungslos und richtet sich entlang des Magnetfeldes aus.

Ausrichtungsachse hängt von Schaltstellung ab ($\pm 45^\circ$ gegenüber statischem Spulenpaar).

Durch geeignetes Umschalten des Magnetfeldes, gelingt es, die Präzessionsamplitude immer weiter zu vergrößern, bis letztlich ein "Spinflop" stattfindet.

| LMU München Physikalische Praktika | |
|---------------------------------------|---------|
| Versuch: | NMR-A |
| Datum: | 21.8.25 |
| Betreuer: | Seeger |