

eine Dienstleistung der  
nova-Institut GmbH

Goldenbergstraße 2  
D-50354 Hürth  
Tel.: +49 (0)2233 – 94 36 84  
Fax: +49 (0)2233 – 94 36 83  
E-Mail: [contact@nova-institut.de](mailto:contact@nova-institut.de)  
Internet: [www.nova-institut.de](http://www.nova-institut.de)

**EMF-Abteilung**  
Tel.: +49 (0)221 – 941 5977  
Fax: +49 (0)221 – 941 5976  
E-Mail: [EMF@nova-institut.de](mailto:EMF@nova-institut.de)  
Internet: [www.EMF-Beratung.de](http://www.EMF-Beratung.de)

## Gutachten

zur Feststellung der Belastung durch niederfrequente magnetische  
Wechselfelder in der Nähe einer 110-kV-Bahnstromleitung in  
Köln-Poll

<b>Auftraggeber</b>	Bündnis 90/Die Grünen Kreisverband Köln Ebertplatz 23, 50668 Köln
<b>Untersuchungsgebiet</b>	rrh. Köln-Poll entlang der Bahnlinie: „An den Maien“ und Kindergarten „Zum Milchmädchen“

### Inhaltsverzeichnis:

1 Auftrag und Zweck des Gutachtens .....	2
2 Grenz- und Vorsorgewerte .....	2
3 Das Untersuchungsgebiet .....	4
4 Durchführung der Messungen und Darstellung der Messergebnisse .....	5
5 Bewertung der Messergebnisse .....	10
6 Anhangsverzeichnis .....	13





## 1 Auftrag und Zweck des Gutachtens

Mit Datum vom 05.06.2002 erteilte Frau Siebert, Geschäftsführerin vom Kreisverband Bündnis 90/Die Grünen in Köln, dem nova-Institut den Auftrag, ein Gutachten zu erstellen, in dem die Belastung durch niederfrequente magnetische Wechselfelder exemplarisch an ausgewählten Messpunkten entlang einer rechtsrheinischen Bahnlinie in Köln-Poll untersucht wird. In unmittelbarer Nähe der Wohnbebauung in einigen Straßen des Stadtteils verläuft eine Bahntrasse (s. **Übersichtskarte 1** im Anhang), und es soll festgestellt werden, ob eine Gesundheitsgefährdung durch die von der Bahntrasse ausgehenden Magnetfelder besteht.

## 2 Grenz- und Vorsorgewerte

### 2.1 Magnetische Wechselfelder

Nachstehend sind die zur Bewertung herangezogenen Grenz- und Vorsorgewerte aufgeführt:

**Tabelle 1a: Empfehlungen und Grenzwerte für magnetische Wechselfelder**

	Magnetfeld (50 Hz)	Magnetfeld (16 2/3 Hz)
Gesetzlicher Grenzwert / 26. BImSchV <sup>1</sup>	100 $\mu$ T	300 $\mu$ T
Empfehlungen des nova-Instituts für 24-stündige Dauerbelastung	0,2 $\mu$ T	0,6 $\mu$ T
Richtwert der nordrh.-westf. Bauleitplanung	10 $\mu$ T	
zum Vergleich: Typische Werte in Wohn- und Büroräumen	0,05 bis 0,2 $\mu$ T	

Erläuterung: Der gesetzliche Grenzwert der 26. BImSchV (26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz) stützt sich ausschließlich auf gut reproduzierbar nachgewiesene Spontaneffekte der magnetischen Wechselfelder. D.h., Probanden werden Feldern zunehmender Intensität ausgesetzt, bis sie unmittelbar an ihrem Körper Wirkungen dieser Felder verspüren. Mit einem hinreichenden Sicherheitsabstand zu den so ermittelten Feldern mit

---

<sup>1</sup> Die gesetzlichen Grenzwerte in Deutschland für magnetische und elektrische Wechselfelder stützen sich weitgehend auf die Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)



spontan spürbaren Wirkungen werden daraufhin Grenzwerte festgesetzt, bei denen mit Sicherheit keine spontan spürbaren Effekte auftreten. Alle über diese Spontaneffekte hinausgehenden möglichen Wirkungen magnetischer Felder, die in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert und untersucht werden, haben in Deutschland keinen Einfluss auf die Grenzwertfestsetzung. Diese Vorgehensweise erscheint den Wissenschaftlern des nova-Instituts nicht haltbar, wenn im Sinne eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes Magnetfeldbelastungen untersucht werden sollen. Einige Genehmigungsbehörden im europäischen Ausland sowie in einzelnen Bundesländern legen hier bereits schärfere Maßstäbe an. Dem nova-Institut erscheint es nach den in der wissenschaftlichen Literatur dokumentierten Untersuchungen zur Wirkung magnetischer Wechselfelder daher angebracht, einen eigenen Vorsorgewert festzusetzen und in diesem Gutachten anzuwenden.

Im vorliegenden Fall handelt es sich nicht um den für die öffentliche Stromversorgung üblichen 50-Hz-Strom, sondern um Bahnstrom. Bahnstromleitungen werden mit  $16 \frac{2}{3}$  Hz betrieben, so dass hier zusätzlich die Frequenzabhängigkeit der Wirkung magnetischer Wechselfelder zu beachten ist. Unter der Annahme, dass die durch die Felder im menschlichen Körper induzierten Stromdichten die wesentliche Einflussgröße für mögliche Schädigungen darstellen, ist die biologische Wirkung niederfrequenter Wechselfelder linear frequenzabhängig, d.h. ein Bahnstromfeld von  $16 \frac{2}{3}$  Hz hat eine um den Faktor 3 geringere biologische Wirkung als ein 50-Hz-Feld. Daraus folgt, dass sowohl die gesetzlichen Grenzwerte als auch die Vorsorgewerte des nova-Instituts für Bahnstrom um den Faktor 3 höher liegen als für 50 Hz-Felder (vgl. Tabelle 1a, S.2).

## **2.2 Elektrische Wechselfelder**

Bei elektrischen Wechselfeldern gelten im Prinzip die gleichen Überlegungen zur Frequenzabhängigkeit wie sie oben für die magnetischen Wechselfelder dargestellt wurden. Hier ist allerdings wissenschaftlich weniger klar, ob die induzierten Stromdichten den alleinigen Wirkungsmechanismus darstellen. Es ist durchaus denkbar, dass auch unmittelbare Wirkungen des elektrischen



Feldes biologische Effekte auslösen, wie zum Beispiel bei der Ablagerung von Staubpartikeln in der Nähe von Bildschirmen beobachtet wird.

Basierend auf dem für 50 Hz gültigen Vorsorgewert von 25 V/m stellt der nova-Vorsorgewert von 50 V/m (s. die folgende Tabelle 1b) einen Mittelweg zwischen einer reiner Stromdichtebetrachtung dar (vgl. Kapitel 2.1), die einen Vorsorgewert von 75 V/m ergeben würde - und möglichen frequenz-unabhängigen Wirkungen, für die der Vorsorgewert bei 25 V/m bleiben würde.

**Tabelle 1b: Empfehlungen und Grenzwerte für elektrische Wechselfelder**

	Feldstärke (50 Hz)	Feldstärke (16 2/3 Hz)
Gesetzlicher Grenzwert/26. BImSchV	5000 V/m	10 000 V/m
Empfehlungen des nova-Instituts für 24-stündige Dauerbelastung	25 V/m	50 V/m
schwed. Bildschirmnorm MPR 3	25 V/m	25 V/m
zum Vergleich: Typische Werte in Wohn- und Büroräumen	5 bis 40 V/m	

Zur weiteren Begründung für die o.g. Vorsorgewerte siehe **Anlage 1** im Anhang „Wissenschaftliche Grundlage der Grenz- und Vorsorgewerte“.

### 3 Das Untersuchungsgebiet

Die Grundstücke „An den Maien“ liegen straßenseits ca. 50 Meter vom nördlichen Gleis der Bahntrasse entfernt. Auf der Rückseite grenzen die Grundstücke direkt an den Bahndamm. Der Kindergarten „Zum Milchmädchen“ und einige Häuser im Rolshover Kirchweg grenzen unmittelbar an das südliche Gleis der Trasse (s. **Karte 2** im Anhang). In Bau befindet sich eine 110-kV-Bahnstromleitung direkt auf dem Bahndamm, von der die Anwohner befürchten, dass von dieser eine wesentlich höhere Belastung durch elektrische und magnetische Wechselfelder ausgehen wird als von den bestehenden 15 kV Speise- und Fahrleitungen.

Bei der Bahntrasse handelt sich um eine zweigleisige, bisher vornehmlich von Güterzügen befahrene Bahnstrecke, bei der auf jeder Seite der Trasse zwei Speiseleitungen verlaufen.



Vor Inbetriebnahme der im Bau befindlichen Hochspannungsleitung (ca. im September diesen Jahres) soll daher die derzeitige Belastung durch eine Messung geklärt werden, um später eine Vergleichsmöglichkeit zu haben und nicht auf schlecht überprüfbare Annahmen zur Herkunft der Magnetfelder angewiesen zu sein.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist daher:

1. Feststellung der Belastung durch magnetische Wechselfelder an einem typischen Wochentag während der Hauptbetriebszeit der Strecke,
2. Aussagen über die Veränderungen der Magnetfelder im Tagesverlauf,
3. Feststellung, ob die im Untersuchungsgebiet gewonnenen Ergebnisse für ähnlich situierte Gebiete im Stadtteil verallgemeinerbar sind.

Um Aussagen zu den Punkten 2. und 3. machen zu können, wurde an einem Standort im Untersuchungsgebiet (siehe Messpunkt D in Karte 2 im Anhang) eine einwöchige Dauermessung installiert, wo „rund um die Uhr“ die Magnetfelder per Computer aufgezeichnet wurden.

#### **4 Durchführung der Messungen und Darstellung der Messergebnisse**

##### **Datum der Messungen:**

1. Dauermessung: Donnerstag, 13.06.2002, 19:30 Uhr bis Donnerstag, 20.06.2002 21:30 Uhr.
2. Einzelmessungen: Donnerstag, 20.06.2002 von 17:30 Uhr bis 20:00 Uhr.

Vor Beginn der Messungen erfolgte mit dem Auftraggeber und Vertreterinnen und Vertretern der Bürgerinitiative am 13.06.2002 bei der Familie Dettmer, An den Maien 20, eine Besprechung zur Klärung der Vorgehensweise.

Da auf Grund der Bauarbeiten an der neuen Trasse keine Einigkeit bestand, ob zum vorgesehenen Messzeitpunkt (13.06.02, ab 17:00 Uhr) mit normalem Bahnbetrieb zu rechnen war, wurde beschlossen, zunächst die vorgenannte Dauermessung in Betrieb zu nehmen und mit der Deutschen Bahn AG den Bahnbetrieb abzuklären. Die Einzelmessungen erfolgten daraufhin eine Woche später am 20.06.02.



## 4.1 Vorgehensweise

### *Vorbemerkung*

Der schnelle Wechsel der Stromführung der Bahnstromleitungen und der damit einhergehende schnelle Wechsel der Magnetfelder stellt ein Problem für die Vergleichbarkeit der Messergebnisse an unterschiedlichen Standorten dar, da die Messungen natürlich immer mit einem gewissen Zeitabstand erfolgen und die Stromführung der Trasse dann bereits wieder ganz anders sein kann als beim vorigen Messpunkt.

Um trotz dieser Problematik vergleichbare Messergebnisse zu erhalten, wird folgendes Verfahren angewandt:

An einem zuvor ausgewählten Standort möglichst in der Nähe der Bahntrasse wird ein Magnetfeldmessgerät für eine Dauermessung installiert (s. Messpunkt D in Karte 2 im Anhang). Die hier gewonnenen Messergebnisse werden sekundengenau von einem Messrechner aufgezeichnet. Nach Abschluss der Dauermessung wird zunächst der Mittelwert über den gesamten Messzeitraum bestimmt und danach für jeden einzelnen Zeitpunkt der Faktor zwischen dem Messwert und dem Mittelwert der Dauermessung berechnet. Unter der Annahme, dass das Magnetfeld am gesamten untersuchten Trassenabschnitt einen ähnlichen Zeitverlauf aufweist, liegt damit für das Untersuchungsgebiet eine sekundengenaue Liste mit Skalierungsfaktoren vor, die angeben, wievielfach höher oder niedriger als der Mittelwert das Magnetfeld der Trasse zu jedem Zeitpunkt war.

Es ist wichtig, dass diese Skalierungsfaktoren auch für den Zeitraum der Durchführung der Einzelmessungen vorliegen. Der Zeitpunkt jeder Einzelmessung wird sekundengenau protokolliert (s. **Tabelle 5** im Anhang). Bei der Auswertung wird für jeden Einzelmessungszeitpunkt der Skalierungsfaktor in der zuvor erzeugten Liste nachgeschlagen. Indem man den Einzelmesswert dann durch den zugehörigen Skalierungsfaktor dividiert, erhält man das normierte Messergebnis für jeden Messpunkt der Einzelmessungen. Dieses normierte Messergebnis gibt an, welches Magnetfeld im Wochenmittel an dem jeweiligen Einzelmesspunkt zu erwarten ist (s. letzte Spalte in Tabelle5).



Da die auf diese Weise gewonnen Ergebnisse (nach der Normierung) unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Messung sind, eignen sich diese Werte dazu, in einem Abstandsdiagramm aufgetragen zu werden. Sie können dann zur Bewertung vergleichbarer Gebiete im Stadtteil herangezogen werden (s. Diagramme **6a** und **6b** im Anhang sowie Kapitel 4.4).

## 4.2 Ergebnisse der Dauermessung

### *Vorbemerkung*

Der Standort der Dauermessung befindet sich in der Nähe von Messpunkt 25 in der Garage des Grundstücks „An den Maien 20“ in ungefähr 2 m Entfernung vom Fußweg am Bahndamm des nördlichen Gleises (s. Messpunkt D in Karte 2 im Anhang).

Bei der Dauermessung wird das Magnetfeld einmal pro Sekunde gemessen und aufgezeichnet. Die Darstellung der vollständigen Messkurve in einem Diagramm - z.B. über einen Tag - ergibt ein sehr unübersichtliches und kaum sinnvoll auswertbares Bild. Exemplarisch ist der detaillierte Verlauf des Magnetfeldes für einen Zeitraum von 10 Minuten in **Diagramm 2** im Anhang dargestellt.

Um zu einer sinnvollen Darstellung des Gesamtverlaufs zu gelangen, werden die Ursprungsdaten zunächst über Zeiträume von jeweils 5 Minuten zusammengefasst, wobei für jedes dieser 5-Minuten-Intervalle der Mittelwert sowie der Minimalwert und der Maximalwert bestimmt werden. Als Ergebnis der Dauermessung wird dann der Verlauf dieser drei Werte für jeweils einen Tag in Tagesdiagrammen dargestellt (s. Diagramme **3 a** bis **3 h** im Anhang). Die 3 Kurven entstammen also **nicht** unterschiedlichen Messungen, sondern entstehen durch die statistische Auswertung der ursprünglich einen Messkurve.

Der Kurvenverlauf der Tagesdiagramme zeigt ein sehr unterschiedliches Bild mit hohen Spitzenwerten vornehmlich in den Zeiten zwischen 10:00 und 20:00 Uhr (vgl. die folgende **Tabelle 4**) und teilweise sehr niedrigen Werten, vornehmlich in den Nachtstunden. Hierdurch ergeben sich für die meisten Messpunkte Mittelwerte, die sich im Bereich des vom nova-Institut empfohle-



nen Vorsorgewertes von 0,6  $\mu\text{T}$  bewegen. Zur Einschätzung kurzzeitig hoher Spitzenwerte vgl. die Ausführungen in Kapitel 5.

In der folgenden Tabelle 4 sind die am Standort der Dauermessung ermittelten Maxima und Mittelwerte im Wochenverlauf dargestellt. Für jeden Tag wurden sowohl ein Gesamtmittelwert als auch einzelne Mittelwerte für die Tagesstunden (6 bis 22 Uhr) und für die Nachtstunden (22 bis 6 Uhr) berechnet. Abschließend folgen die Endergebnisse für die gesamte Woche.

**Tabelle 4: Maximalwerte und Mittelwerte am Standort der Dauermessung**

		16 2/3 Hz-Magnetfeld in $\mu\text{T}$			
		Maximum	Mittelwert Tag (6 bis 22 Uhr)	Mittelwert Nacht (22 bis 6 Uhr)	Mittelwert gesamt (0 bis 24 Uhr)
Freitag	14.06.2002	7,994	1,549	0,981	1,360
Samstag	15.06.2002	7,933	1,362	0,830	1,185
Sonntag	16.06.2002	7,996	1,313	0,656	1,094
Montag	17.06.2002	11,559	1,593	0,755	1,314
Dienstag	18.06.2002	8,604	1,574	0,932	1,360
Mittwoch	19.06.2002	7,987	1,636	0,966	1,413
Donnerstag	20.06.2002	8,603	1,608	1,005	1,407
Gesamt Woche		11,559	1,519	0,875	1,305

### **4.3 Ergebnisse der Einzelmessungen unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Dauermessung**

Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in Tabelle 5 im Anhang dargestellt. Zum Vergleich sind dort zusätzlich zu dem vor Ort gemessenen Wert die im Wochenmittel zu erwartenden Mittelwerte aufgeführt, die sich aus der in Kapitel 4.1. beschriebenen Normierung für diesen Standort ergeben. Zur Veranschaulichung des Normierungsverfahrens ist in Diagramm 2 exemplarisch der Magnetfeldverlauf für die Zeit von 17:35 bis 17:45 Uhr am 20.6.2002 dargestellt. Der relativ hohe Messwert an Messpunkt 27 (An den Maien, Haus-Nr. 24) um 17:38:46 Uhr wird dabei sofort verständlich, da zu diesem Zeitpunkt auch am Dauermessungsstandort ein hoher Wert aufgezeichnet wurde.





Die Normierung erfolgte separat für folgende Zeitbereiche:

- die Tagstunden (6 bis 22 Uhr)
- die Nachtstunden (22 bis 6 Uhr)
- den gesamten Tag (0 bis 24 Uhr)

Wie die Messergebnisse zeigen sind die Magnetfelder an der Nordseite der Trasse höher als auf der Südseite. So liegen die Werte vor den Häusern an den Maien (Messpunkte 26 bis 30) im Bereich des Vorsorgewertes bzw. etwas darüber. Bei der Abstandsmessung an Messpunkt 25 (an der zum Bahndamm gelegenen hinteren Seite der Grundstücke) liegen die Magnetfelder allerdings oberhalb der Vorsorgewerte. Am Punkt 0 m (Fußweg am Bahndamm) beträgt das Magnetfeld zum Messzeitpunkt  $2,16 \mu\text{T}$ , in 22 m Abstand vom Gleis (hier: hinterer Hauseingang) liegt das Magnetfeld bei  $1,3 \mu\text{T}$ . Im Kindergarten „Zum Milchmädchen“ (Messpunkte 1 bis 11) finden sich trotz des geringen Abstandes zum Bahngleis kaum Messwerte oberhalb des Vorsorgewerts von  $0,6 \mu\text{T}$ .

#### **4.4 Übertragung der Messergebnisse auf vergleichbare Untersuchungsgebiete**

In den Diagrammen **6a** und **6b** im Anhang sind - wie in Kapitel 4.1 erläutert - die normierten Mittelwerte auf der y-Achse und die jeweiligen Abstände vom äußeren südlichen bzw. nördlichen Gleis der Bahntrasse auf der x-Achse aufgetragen. Die eingezeichneten Messpunkte entsprechen den einzelnen Messungen vor Ort, die Kurve wurde mit einem Glättungsverfahren an die Messpunkte angepasst.

Wie aus den Diagrammen ersichtlich, ergibt sich kein völlig glatter Verlauf, sondern mehrere Messpunkte in ähnlichen Abständen von der Trasse weisen einen gewissen Spielraum an (normierten) Mittelwerten auf. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da obige Normierungsüberlegung von einem einheitlichen Zeitverlauf des Magnetfeldes am gesamten Trassenabschnitt und in allen Entfernungen ausgeht und daher lokale Besonderheiten naturgemäß nicht berücksichtigen kann. Insbesondere fällt dies an den drei Messpunkten 13, 14 und 15 am Rolshover Kirchweg auf (im Diagramm rot dargestellt), die deutlich oberhalb der Anpassungskurve liegen. Dies kann z.B. auf einen un-



terschiedlichen vertikalen Abstand zum Bahngleis zurückzuführen sein. (Die Straße liegt etwas höher als der Gartenbereich des Kindergartens.)

Insgesamt zeigt sich aber ein deutlich erkennbares und plausibles Abstandsverhalten der (normierten) Mittelwerte. Das bedeutet, dass dieses Abstandsverhalten auf den gesamten Trassenabschnitt anwendbar (d.h. globalisierbar) ist. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass hier nur ebenerdige Bereiche untersucht wurden, und die Verhältnisse bei höherer Bebauung anders liegen können.

Zusätzlich fällt auf, dass auf der Nordseite der Trasse ein deutlich anderes Abstandsverhalten zu beobachten ist als auf der Südseite. Die bei gleichem Abstand vom äußeren Gleis erheblich geringeren Felder als auf der Südseite der Trasse lassen den Verdacht aufkommen, dass trotz gegenteiliger Aussage der Deutschen Bundesbahn die Speiseleitung auf der Südseite der Trasse zum Zeitpunkt der Messung nicht in Betrieb war. Dies ist durchaus plausibel, da diese Speiseleitung im Zuge des Aufbaus der Masten für die Hochspannungsfreileitung ummontiert wurde (s. dazu Nachtrag auf der letzten Seite).

## **5 Bewertung der Messergebnisse**

### **5.1 Einschätzung der biologischen Bedeutung zeitlich schwankender Magnetfelder**

Bei Bahnstromleitungen ergeben sich durch den stark wechselnden Stromverbrauch der Elektroloks innerhalb kurzer Zeiträume (Bruchteile von Minuten) starke Schwankungen des magnetischen Wechselfeldes. Abgesehen von Spontaneffekten (vgl. Kap. 2.1) für die der Momentanwert des Magnetfeldes von Bedeutung ist, ist es wissenschaftlich (weitgehend) ungeklärt, wie ein in Zeiträumen von Minuten und Sekunden wechselndes Magnetfeld bzgl. seiner biologischen Wirkung einzuschätzen ist. Die epidemiologischen Studien beziehen sich meist auf die Umgebung von Hochspannungsleitungen oder Transformatorstationen der öffentlichen Stromversorgung, bei denen die kurzfristigen Schwankungen im Allg. erheblich geringer sind und wesentliche Schwankungen typischerweise über Zeiträume von Stunden auftreten. Bei Tierversuchen werden meist konstante oder über längere Zeiträume konstan-



te Expositionen angewandt, so dass auch hieraus kaum zusätzliche Erkenntnisse zu gewinnen sind. Trotz der eher unsicheren wissenschaftlichen Erkenntnislage über die biologische Bedeutung von Magnetfeldern unterschiedlichen Zeitverhaltens ist es die plausibelste Annahme, dass für Langzeiteffekte der zeitliche Mittelwert die biologische Bedeutung bestimmt.

Unterschieden werden sollte allerdings zwischen der nächtlichen Magnetfeldexposition und der Exposition zu den übrigen Tageszeiten. Die Konzentration des Hormons Melatonin (bei dem eine krebshemmende Wirkung vermutet wird) ist bei einem ungestörten Tag-Nacht-Rhythmus nachts hoch und tagsüber niedrig. Der höhere nächtliche Melatoninspiegel kann durch Einwirkung von Licht oder von niederfrequenten Magnetfeldern auf den niedrigeren Tageswert reduziert werden, wodurch die krebshemmende Wirkung ebenfalls verringert wird. Aus diesem Grund ist ein nächtliches Magnetfeld als biologisch höher wirksam einzustufen als ein tagsüber einwirkendes Magnetfeld. Um diesen Überlegungen Rechnung zu tragen, wurde bei der Auswertung der Dauermessung neben dem Gesamtdurchschnitt auch das durchschnittliche Magnetfeld für die Tagesstunden (6-22 Uhr) und für die Nachtstunden (22-6 Uhr) separat ermittelt.

## **5.2 Gesamtbewertung**

Die gesetzlich festgelegten Grenzwerte für magnetische und elektrische Wechselfelder nach der 26. BImSchV sind in Kapitel 2 sowohl für die 50 Hz-Felder der öffentlichen Stromversorgung als auch für die im vorliegenden Fall ausschließlich untersuchten 16 2/3 Hz-Felder des Bahnstroms aufgeführt. Außerdem sind dort die Vorsorgewerte des nova-Instituts und andere Empfehlungen genannt.

Der Grenzwert der 26. BImSchV von 300  $\mu\text{T}$  für 16 2/3-Hz-Bahnstrom wurden erwartungsgemäß im gesamten untersuchten Bereich der Bahntrasse weit unterschritten.

Bei Berücksichtigung des nova-Vorsorgewertes von 0,6  $\mu\text{T}$  ergibt sich zusammenfassend ein etwas differenzierteres Bild:

Soweit man sich auf die Betrachtung der im Wochenmittel zu erwartenden mittleren Magnetfelder beschränkt (was durchaus plausibel ist, s.o.), so zeigt



sich, dass im Bereich nördlich der Trasse (Grundstücke „An den Maien“ usw.) für den Innenbereich und die Straßenseite der Häuser die Magnetfelder sich im Bereich des vom nova-Institut empfohlenen Vorsorgewertes bewegen. An der Rückseite der Häuser und im Gartenbereich zur Bahntrasse liegen die Magnetfelder allerdings oberhalb des Vorsorgewertes und erreichen an der Grundstücksgrenze zur Bahntrasse mit ca.  $1,5 \mu\text{T}$  etwa das Zweieinhalbfache der Vorsorgewerte (vgl. Messp. 25). Es sollte für diesen Bereich allerdings beachtet werden, dass die Vorsorgewerte für 24-stündigen Daueraufenthalt gelten. Eine mäßige Überschreitung ist aus Sicht des nova-Instituts durchaus tolerierbar, wenn in den übrigen Zeiten - insbesondere während der Nachtstunden - ein entsprechender Ausgleich gegeben ist. Zumindest bei der momentanen Auslastungssituation der Trasse sind die nächtlichen Magnetfelder deutlich geringer als die Mittelwerte, so dass bei einigen Stunden Aufenthalt im Garten die Vorsorgewerte im Mittel nur wenig überschritten werden. Es soll allerdings auch erwähnt werden, dass im Tagesverlauf häufig Spitzenwerte von 3 bis  $4 \mu\text{T}$  auftreten und für kurze Zeiten von einigen Sekunden auch Spitzenwerte bis  $11,6 \mu\text{T}$  gemessen wurden. Diese haben aber wegen der kurzen Zeiträume nach Einschätzung des derzeitigen Forschungsstandes aus Sicht des nova-Instituts eine eher untergeordnete Bedeutung.

Wie schon in Kapitel 4.3 und 4.4 erwähnt ist auffällig, dass auf der Südseite der Trasse beim Kindergarten „Zum Milchmädchen“ die Magnetfelder zum Zeitpunkt der Einzelmessungen (auch nach Umnormierung auf den Wochenmittelwert) deutlich geringer liegen als in gleichen Trassenabständen auf der Nordseite.

Hürth, den 24.06.2002

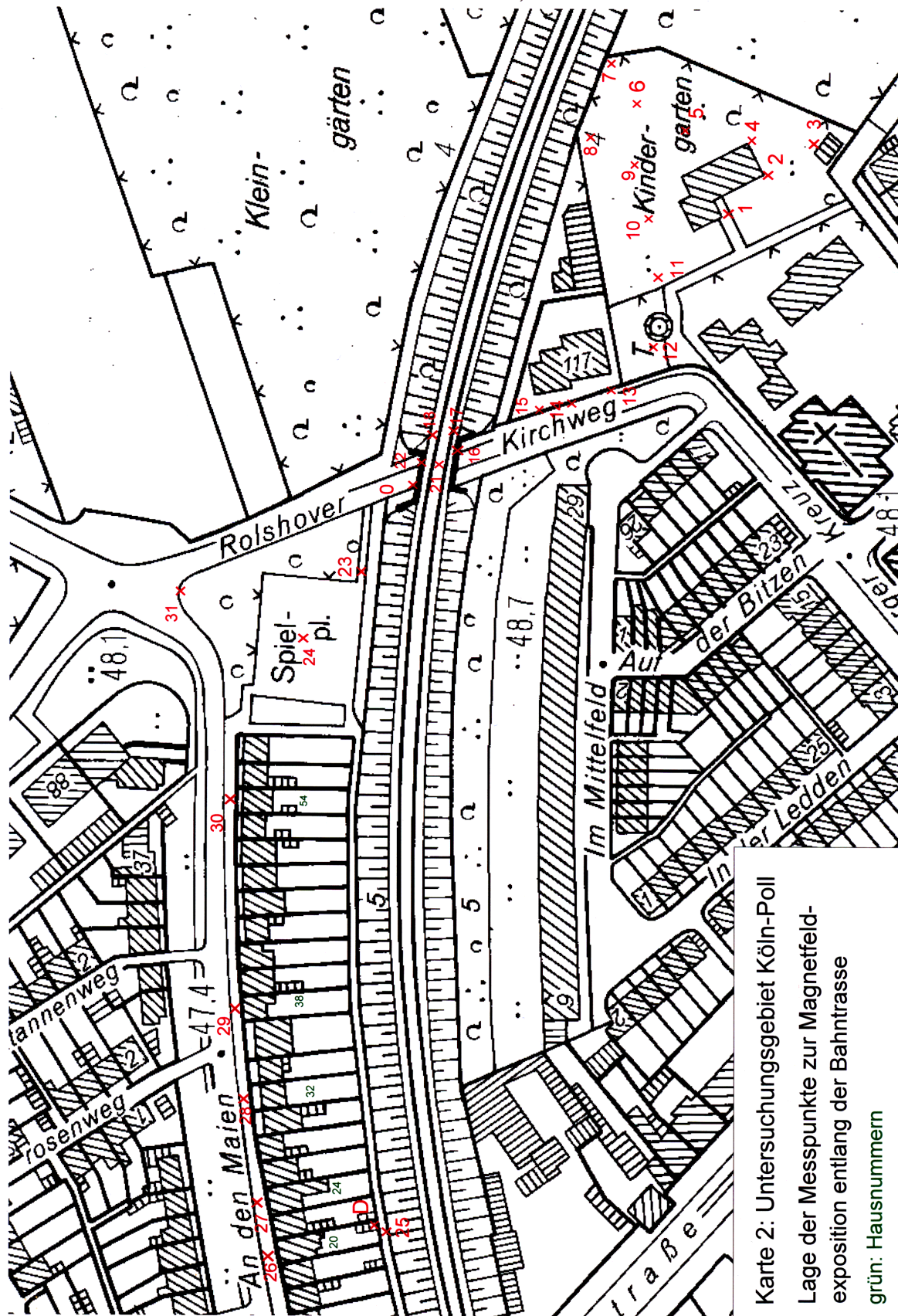
Dipl.-Phys. Dr. Peter Nießen, EMF-Abteilung des nova-Instituts  
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für EMVU



## Anhangsverzeichnis

		Anzahl Seiten
Karte 1	Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes	1
Karte 2	Lage der Messpunkte im Untersuchungsgebiet	1
Diagramm 2	Exemplarischer Magnetfeldverlauf der Dauermessung	1
Diagramme 3 a bis 3 h	Dauermessung des magnetischen Wechselfeldes an jeweils 1 Wochentag vom 13.06. bis 20.06.2002	8
Tabelle 5	Messung des magnetischen Wechselfeldes: Ergebnisse der Einzelmessungen	2
Diagramme 6 a und 6b	Normierter Magnetfeldverlauf Trassenord- und Tras- sensüdseite	2
Anlage 1	Wissenschaftliche Grundlage der Grenz- und Vorsor- gewerte niederfrequenter Wechselfelder	4
Anlage 2	Internationale Grenz- und Vorsorgewerte	1

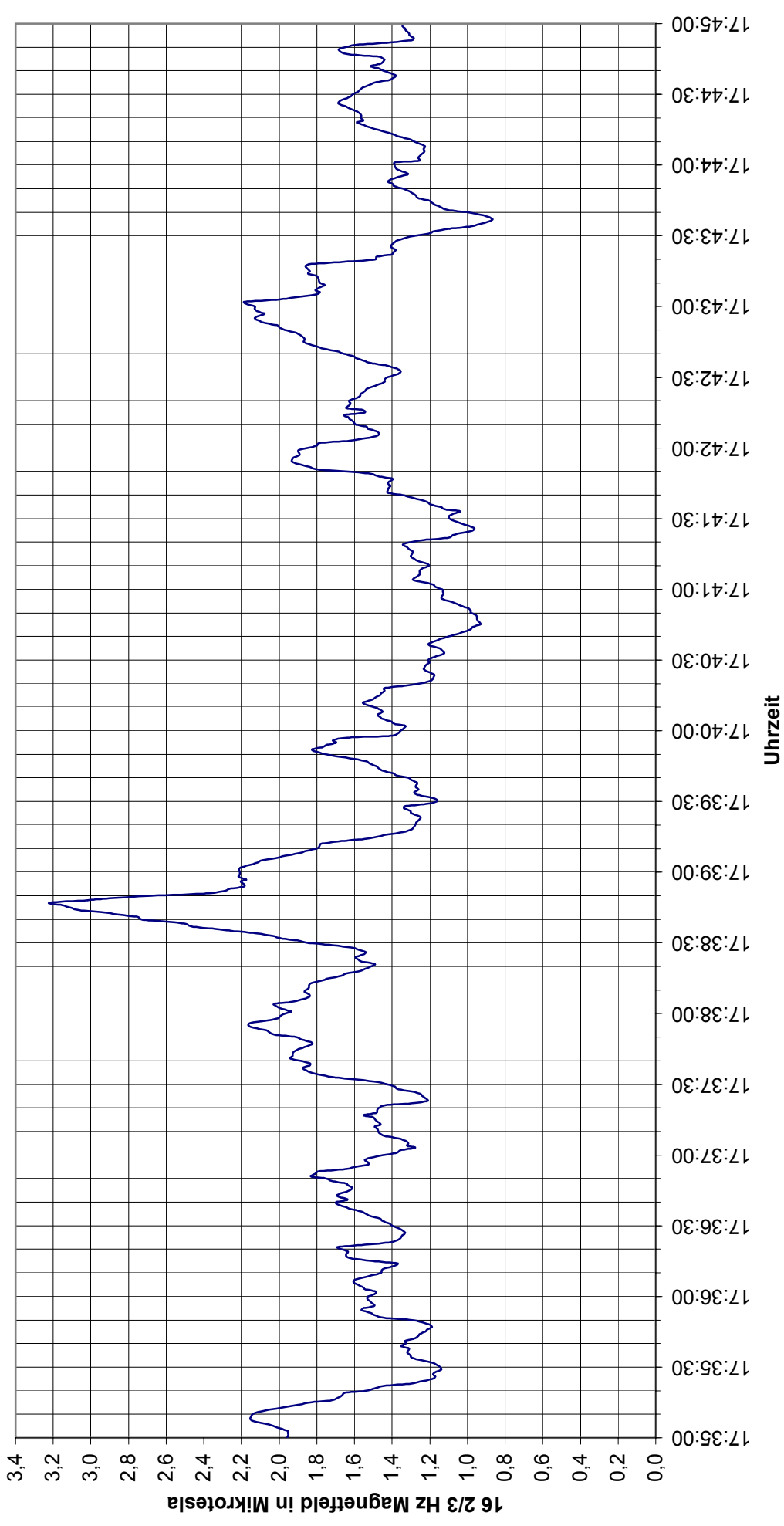
Karte 1 aus Platzgründen hier nicht enthalten



Karte 2: Untersuchungsgebiet Köln-Poll  
 Lage der Messpunkte zur Magnetfeld-  
 exposition entlang der Bahntrasse  
 grün: Hausnummern

## Diagramm 2:

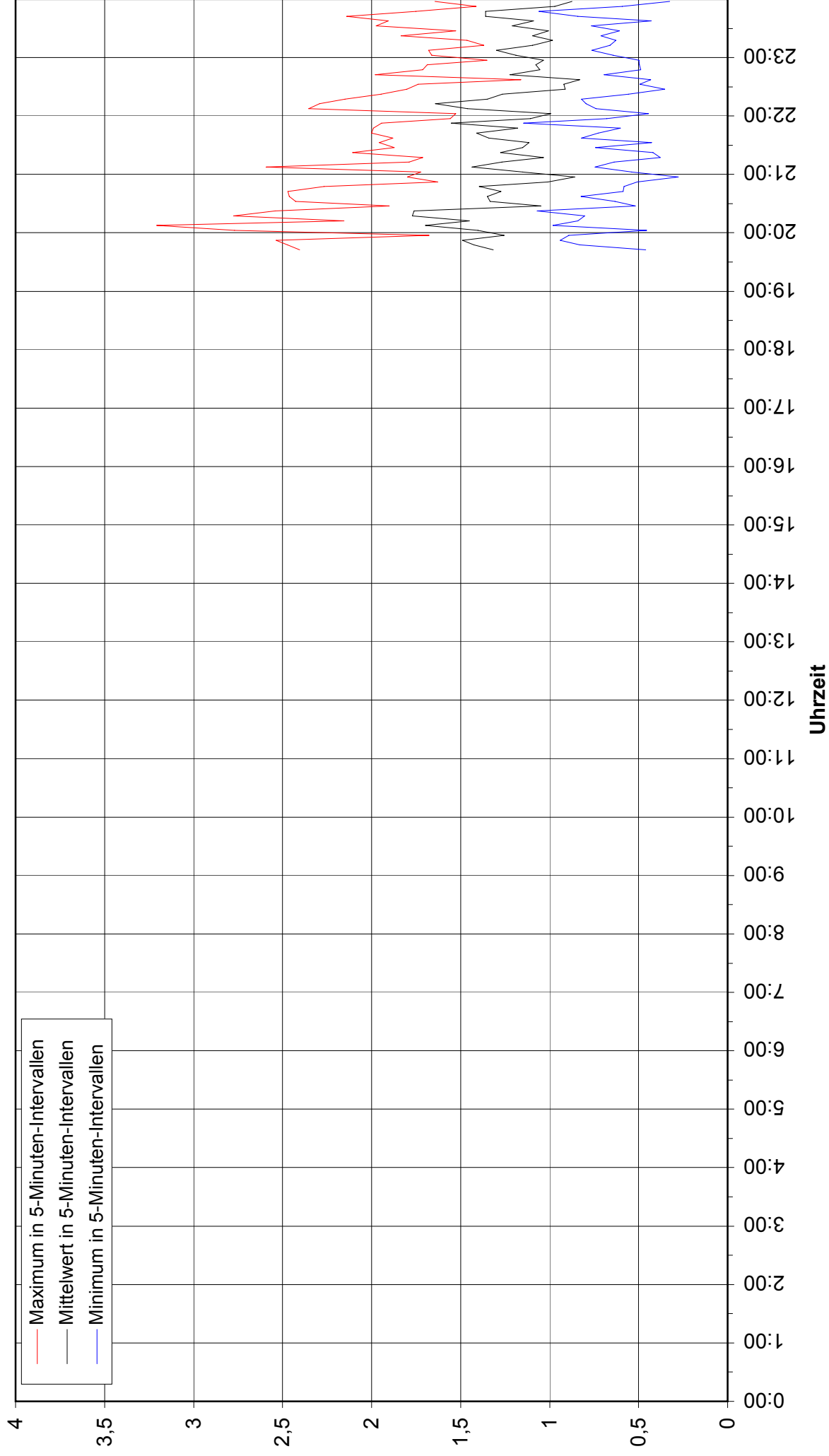
Detaillierter Magnetfeldverlauf am 20.6.2002 von 17:35 bis 17:40 Uhr am Standort der Dauermessung





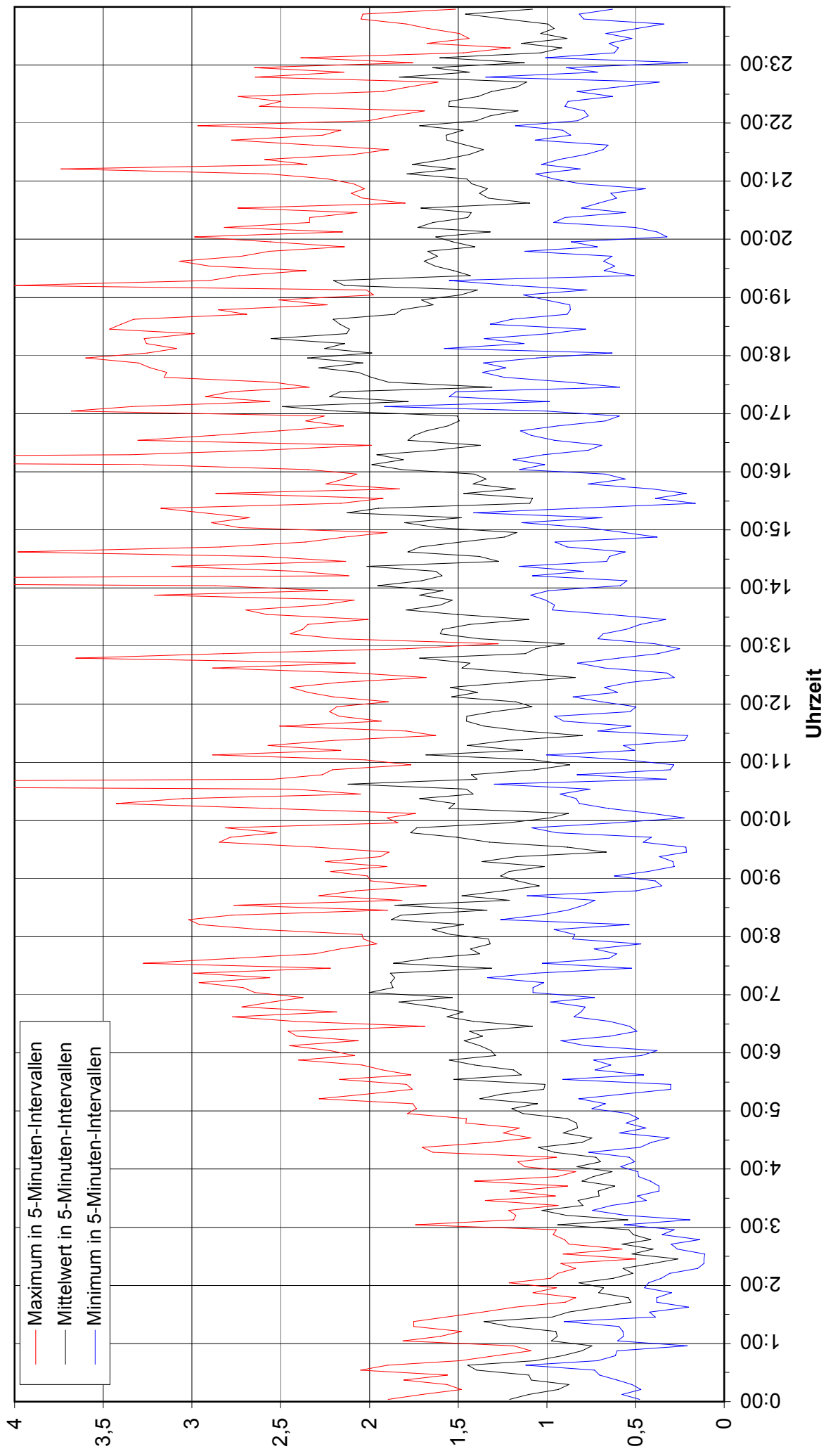
### Diagramm 3a:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 13.6.2002 von 19:40 bis 24:00 Uhr



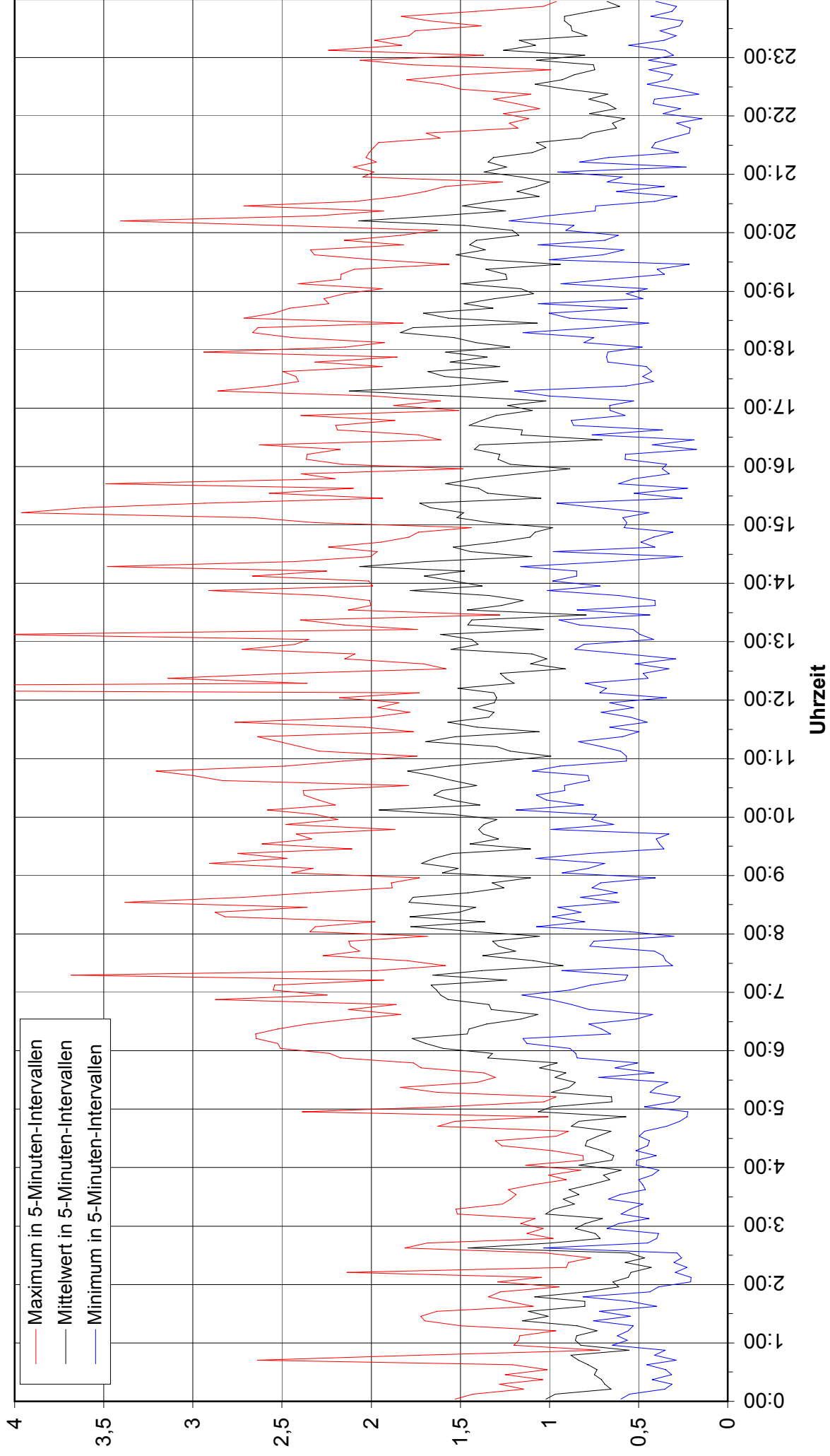
### Diagramm 3b:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 14.6.2002 von 00:00 bis 24:00 Uhr



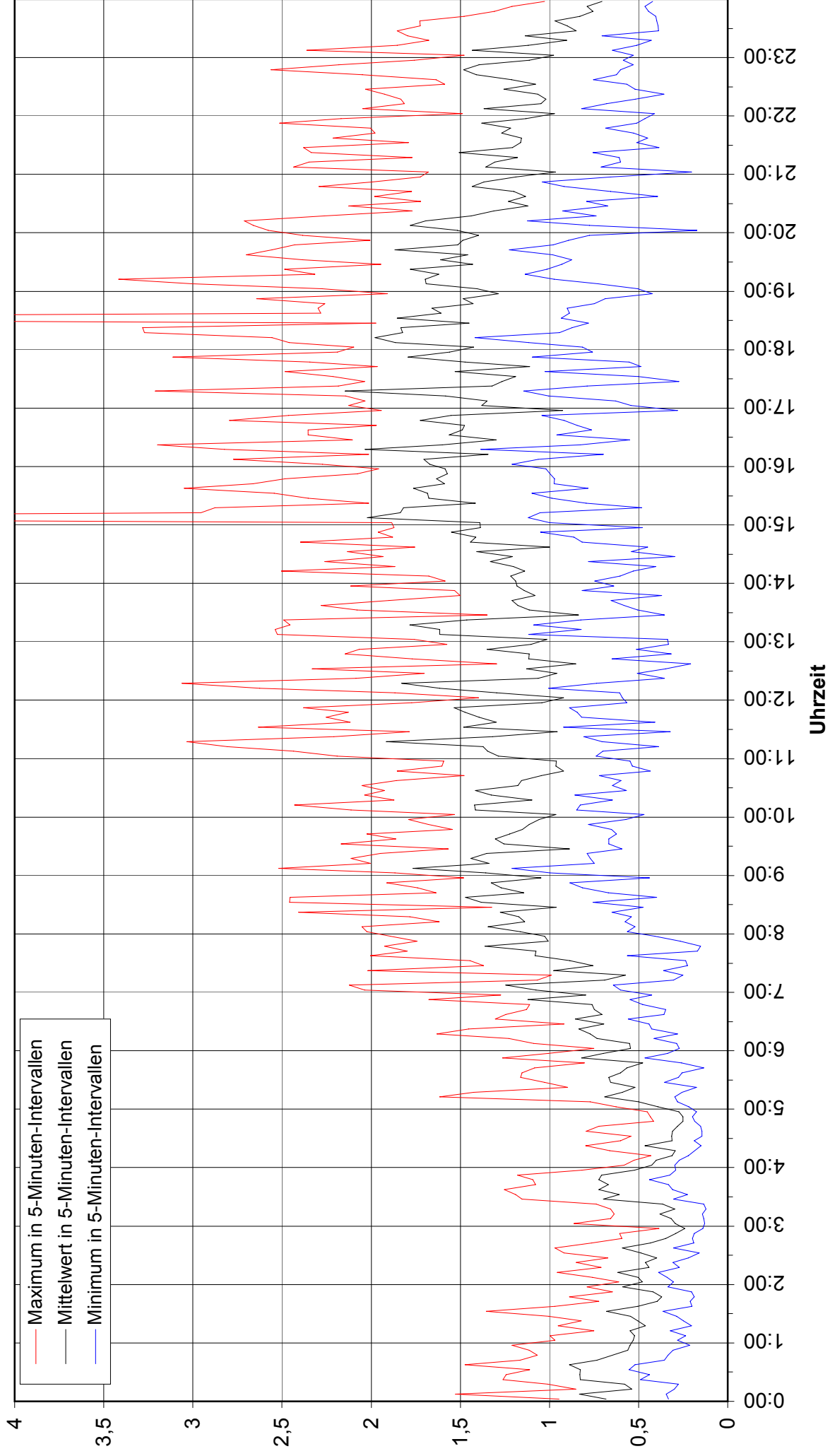
### Diagramm 3c:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 15.6.2002 von 00:00 bis 24:00 Uhr



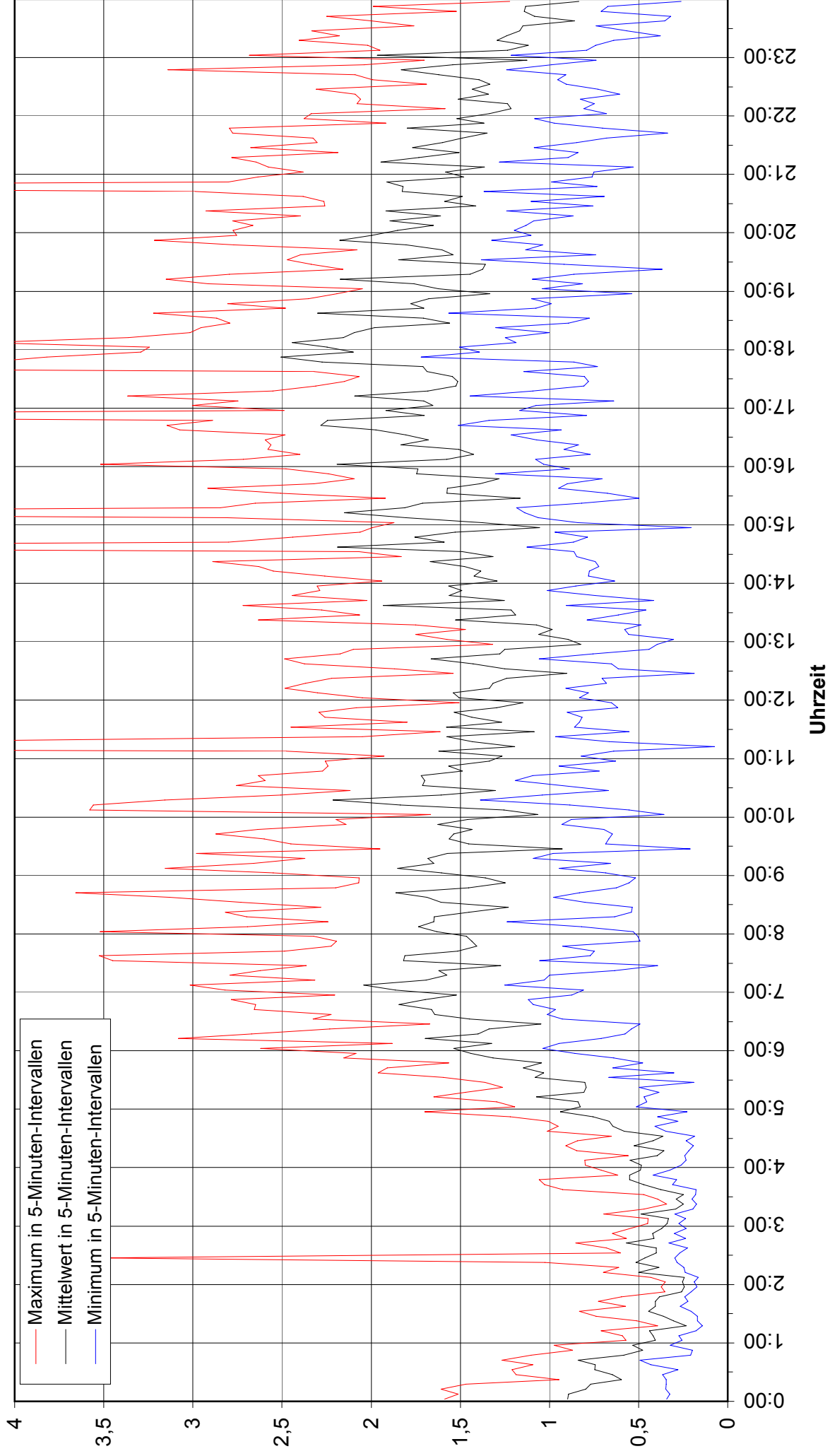
### Diagramm 3d:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 16.6.2002 von 00:00 bis 24:00 Uhr



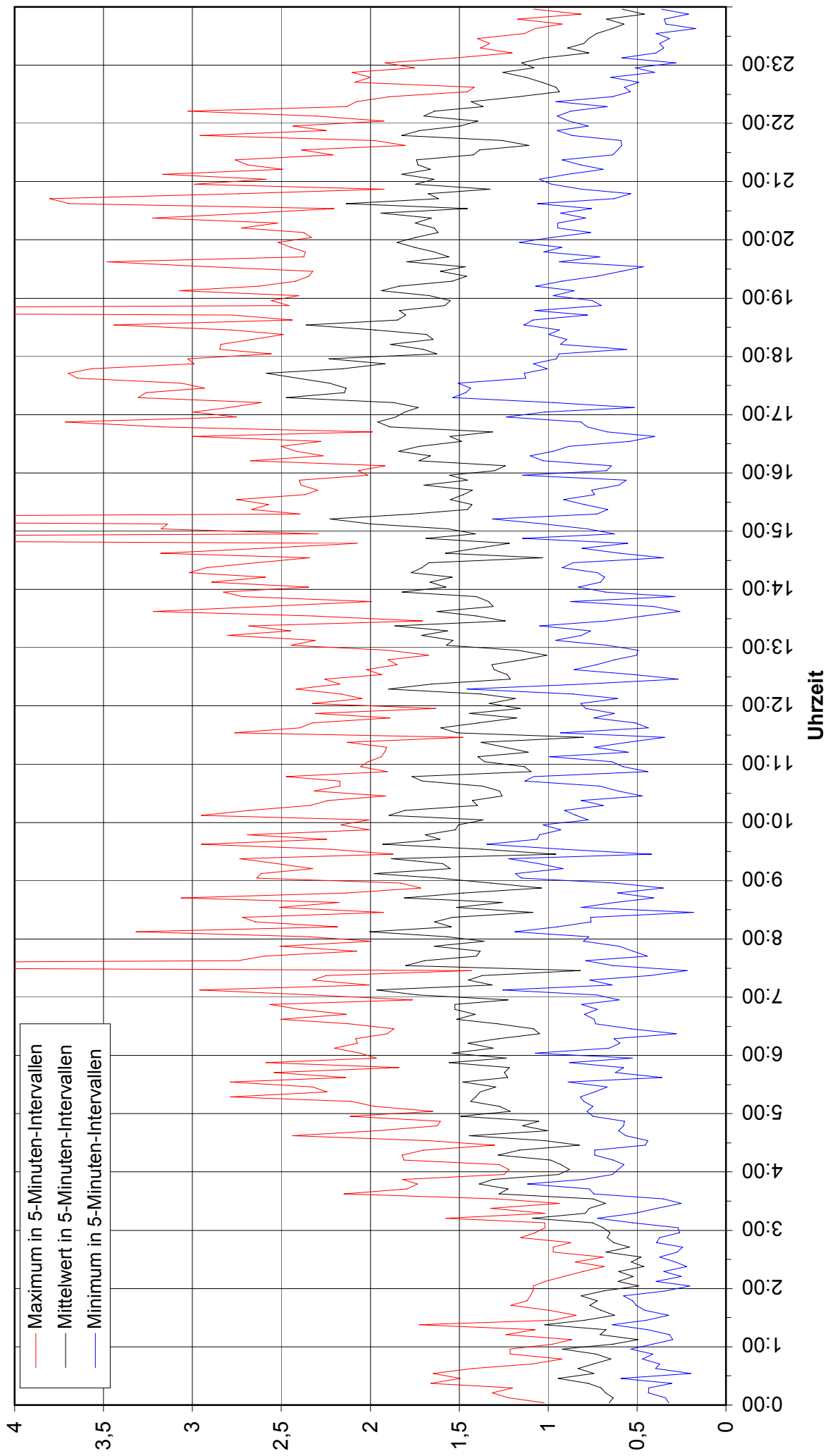
### Diagramm 3e:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 17.6.2002 von 00:00 bis 24:00 Uhr



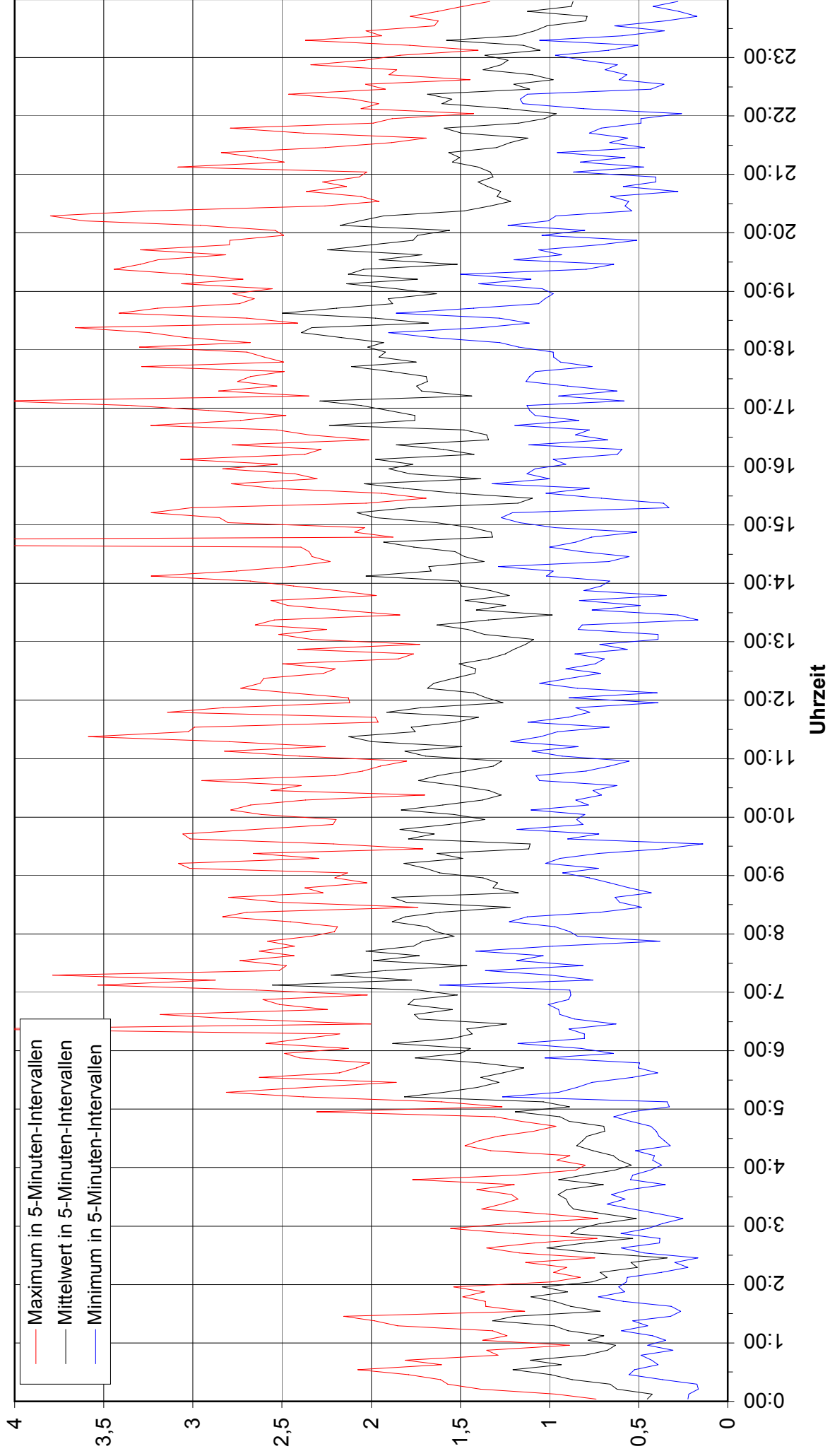
### Diagramm 3f:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 18.6.2002 von 00:00 bis 24:00 Uhr



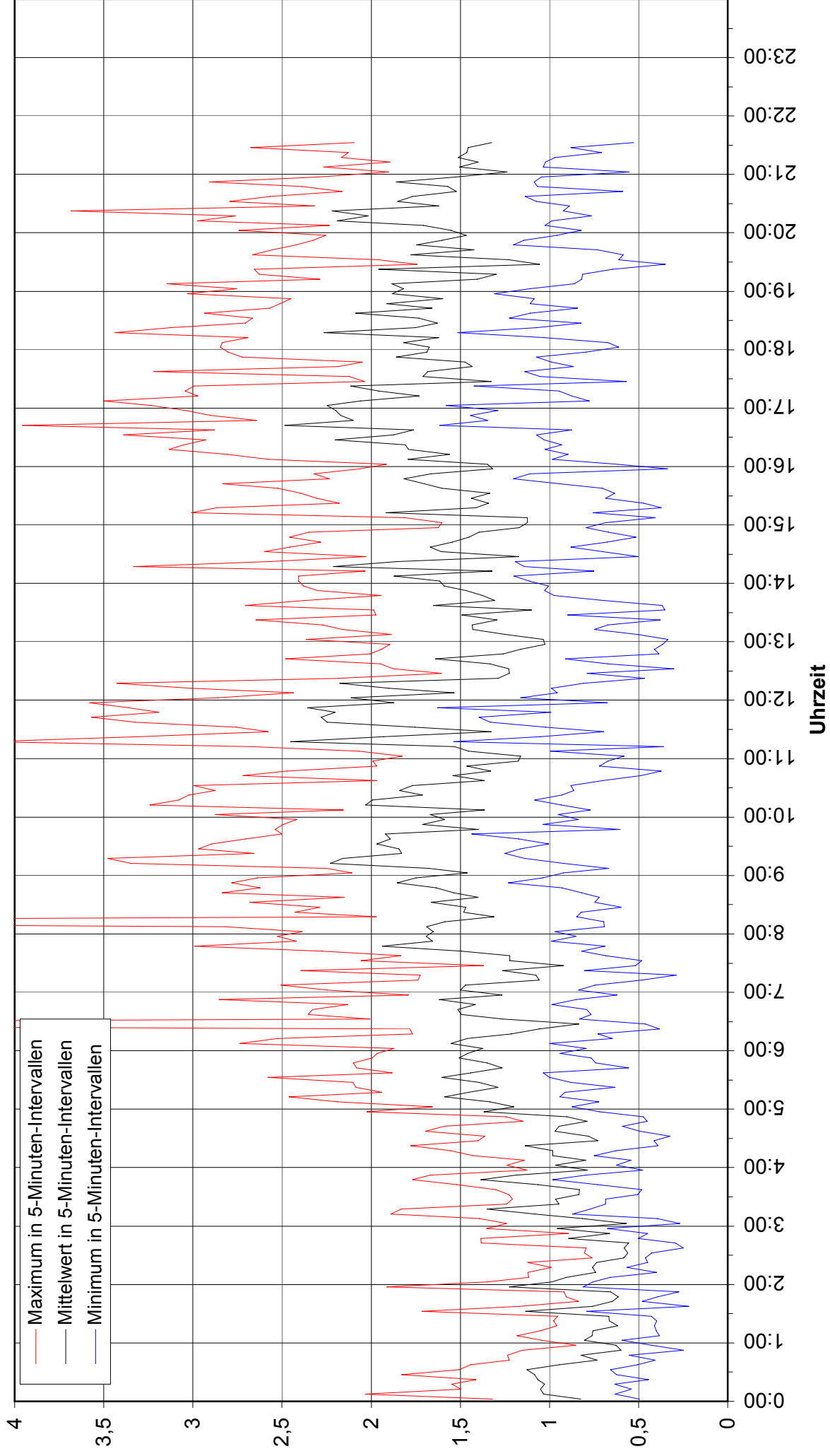
### Diagramm 3g:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 19.6.2002 von 00:00 bis 24:00 Uhr



## Diagramm 3h:

Bahnstrom-Magnetfeld in  $\mu\text{T}$ , An den Maien 20: 20.6.2002 von 00:00 bis 21:30 Uhr





**Tabelle 5**  
**Messung des magnetischen Wechselfeldes bei 16 2/3 Hz**

Messpunkt	Standort	Ab- stand vom Gleis in m	Uhrzeit	Magnet- feld in $\mu\text{T}$ (gemessen)	im Wochenmittel zu erwartendes Magnetfeld in $\mu\text{T}$ (berechnet)		
					Tag 6 - 22 Uhr	Nacht 22 - 6 Uhr	gesamt 0 - 24 Uhr
	<b>Straße: An den Maien</b>						
	Bürgersteig Richtung Bahndamm						
26	Hausnr.: 20	51	17:38:10	0,90	0,73	0,42	0,63
27	Hausnr.: 24	51	17:38:46	1,40	0,67	0,39	0,58
28	Hausnr.: 32	52	17:39:28	0,55	0,63	0,36	0,54
29	Hausnr.: 38	52	17:40:25	0,61	0,77	0,44	0,66
30	Hausnr.: 54	51	17:41:58	0,90	0,72	0,42	0,62
31	Ecke An den Maien/Rolshover Kirchweg	70	17:43:15	0,77	0,64	0,37	0,55
0	an der Unterführung Nord		17:44:38	2,00	2,20	1,27	1,89
	<b>Kindergarten "Zum Milchmädchen"</b>						
1	vor Eingangstür	62	17:48:46	0,30	0,31	0,18	0,27
2	südliche Hauskante	72	17:49:55	0,35	0,32	0,18	0,27
3	Rutsche	82	17:50:55	0,29	0,31	0,18	0,27
4	Östliche Hauskante	62	17:52:00	0,45	0,32	0,18	0,28
5	Matschsandkasten	45	17:52:40	0,75	0,50	0,29	0,43
6	Wippe	23	17:54:05	0,65	0,55	0,32	0,47
7	am Zaun zum Bahndamm	13	17:55:20	0,63	0,59	0,34	0,51
8	Baracke	13	17:57:35	0,47	0,69	0,40	0,59
9	Mitte Fußballwiese	28	17:58:50	0,60	0,48	0,28	0,41
10	Wiese	37	18:00:30	0,59	0,45	0,26	0,39
11	Grundstücksrand	52	18:01:50	0,42	0,41	0,24	0,35
12	Turm	55	18:05:30	0,71	0,39	0,23	0,34
13	Süd-Ecke Haus 119, Max. abgewartet	47	18:08:00	0,77	0,58	0,33	0,50
14	zw. Haus 117 und 119	34	18:08:55	1,03	0,65	0,37	0,55
15	nörtl. Hausecke 117	21	18:10:08	0,90	0,70	0,40	0,60
16	Südseite Unterführung		18:13:44	0,44	0,44	0,25	0,37
17	Auf der Brücke (Südseite)		18:16:20	3,40	1,81	1,04	1,56
			18:17:32	3,60	2,19	1,26	1,88
18	Auf der Brücke (Nordseite)		18:19:12	3,60	2,73	1,57	2,34
			18:20:19	3,56	2,65	1,53	2,28
17	(mit Zug)						
	Zug ist gerade vorbei		18:22:07	2,60	2,62	1,51	2,25
	etwas später		18:22:35	3,50	2,69	1,55	2,31
21	mitten unter der Unterführung		18:32:02	0,80	0,90	0,52	0,77
22	Unterführung (Nordseite)		18:32:45	2,04	1,91	1,10	1,64
23	Eingang Bolzplatz	15	18:34:02	1,60	1,74	1,00	1,49
24	Mitte Bolzplatz	28	18:34:57	1,25	0,91	0,52	0,78
	(kurz danach kommt ein Zug, ohne dass sich das Feld ändert)						

**Tabelle 5**  
**Messung des magnetischen Wechselfeldes bei 16 2/3 Hz**

Messpunkt	Standort	Ab- stand vom Gleis in m	Uhrzeit	Magnet- feld in $\mu\text{T}$ (gemessen)	im Wochenmittel zu erwartendes Magnetfeld in $\mu\text{T}$ (berechnet)		
					Tag 6 - 22 Uhr	Nacht 22 - 6 Uhr	gesamt 0 - 24 Uhr
<b>Grundstück Dettmer, Abstandsverteilung zum Bahndamm</b>							
25	der Nullpunkt der Abstandsmessung ist die Bahndammseite des Fußweges						
	hinter den Häusern						
	0 m	14	18:55:20	2,16	1,74	1,00	1,49
	2 m	16	18:57:41	1,71	1,70	0,98	1,46
	4 m	18	18:58:28	1,82	1,61	0,93	1,38
	6 m	20	18:59:07	1,55	1,44	0,83	1,24
	8 m	22	18:59:56	1,82	1,36	0,78	1,17
	10 m	24	19:00:43	1,31	1,27	0,73	1,09
	12 m	26	19:02:12	1,55	1,13	0,65	0,97
	14 m	28	19:03:08	1,23	1,06	0,61	0,91
	16 m	30	19:03:38	1,60	0,92	0,53	0,79
	18 m	32	19:03:53	1,33	1,09	0,63	0,94
	20 m	34	19:05:44	0,92	0,85	0,49	0,73
	Haustür Erdgeschoss (hinten)	22 m	19:06:16	1,30	0,79	0,45	0,68
<b>Südbrücke, oben, Nordseite, Zaun zum Gleis</b>							
32	rechtsrheinisch, direkt nach Aufstieg		19:57:12	3,58			
33	rechtsrheinisch, 1. Brückenhäuschen		20:05:40	3,40			
34	linksrheinisch, am Abstieg		20:10:40	3,54			

Diagramm 6a:

Normierter Magnetfeldverlauf Nordseite

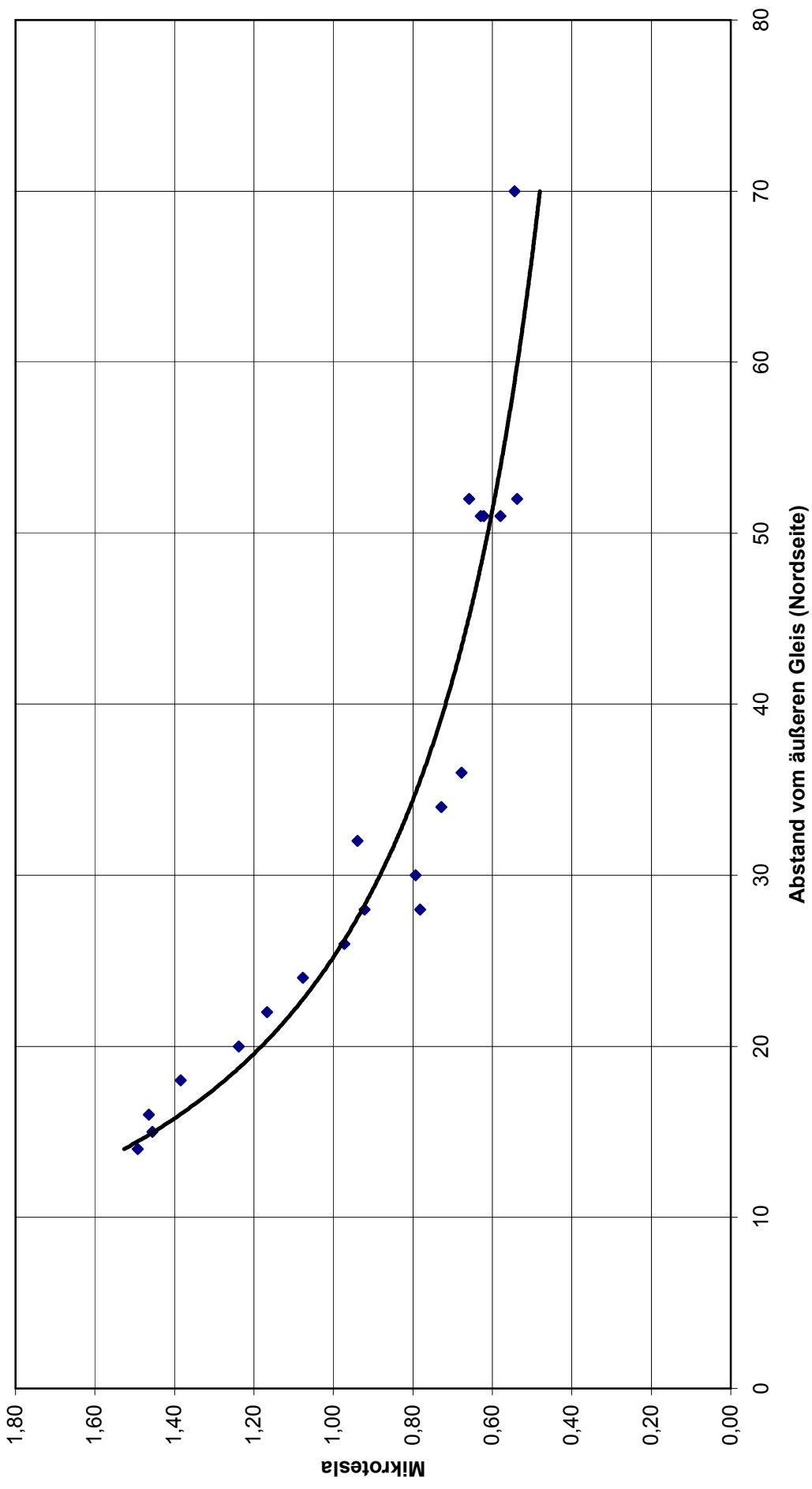
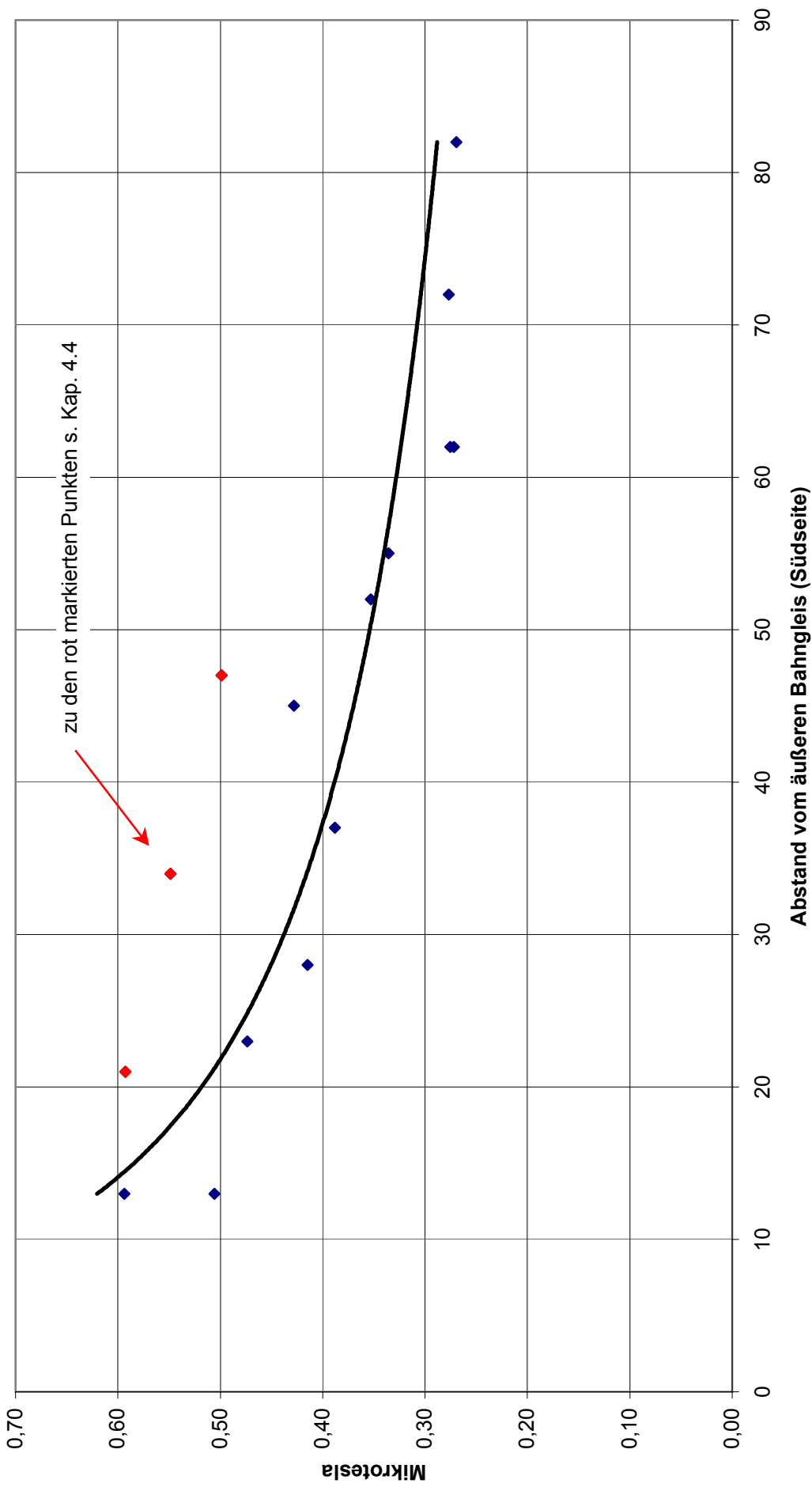


Diagramm 6b:

Normierter Magnetfeldverlauf Südseite





## **Wissenschaftliche Grundlage der in diesem Gutachten herangezogenen Grenz- und Vorsorgewerte niederfrequenter Wechselfelder**

Die in der Bundesrepublik Deutschland gültigen Grenzwerte für magnetische Wechselfelder sind in der 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV) festgelegt und stützen sich weitestgehend auf die Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission für nichtionisierende Strahlung (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)). Die ICNIRP berücksichtigt für ihre Grenzwertempfehlungen (im niederfrequenten Bereich) ausschließlich gut reproduzierbar nachgewiesene Spontaneffekte der magnetischen Wechselfelder. D.h., Probanden werden Feldern zunehmender Intensität ausgesetzt, bis sie unmittelbar an ihrem Körper Wirkungen dieser Felder verspüren. Mit einem hinreichenden Sicherheitsabstand zu den so ermittelten Feldern mit spontan spürbaren Wirkungen setzt die ICNIRP daraufhin Grenzwerte fest, bei denen mit Sicherheit keine spontan spürbaren Effekte auftreten. Alle über diese Spontaneffekte hinausgehenden möglichen Wirkungen magnetischer Felder, die in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert und untersucht werden, erscheinen der ICNIRP nicht hinreichend sicher nachgewiesen, um auf die Grenzwertfindung Einfluß zu nehmen.

Diese Vorgehensweise erscheint den Wissenschaftlern des nova-Instituts nicht haltbar, wenn im Sinne eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes Objekte auf Belastungen durch magnetische Wechselfelder untersucht werden sollen. Einige Genehmigungsbehörden im europäischen Ausland sowie in einzelnen Bundesländern legen hier bereits schärfere Maßstäbe an. Dies erscheint gerade bei dem nicht völlig gesicherten heutigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand angebracht, um Schutz vor möglichen Schadwirkungen zu erlangen, die sich in vielen wissenschaftlichen Untersuchungen abzeichnen, aber noch nicht zweifelsfrei bewiesen sind.

Die gesamte weitere Diskussion in diesem Überblick über den wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den Wirkungen niederfrequenter Wechselfelder bezieht



sich auf 50- bzw. 60-Hz-Felder, da die aussagefähigsten wissenschaftlichen Studien sich nur auf diesen Frequenzbereich beziehen.

*Es muß beachtet werden, dass wegen der Frequenzabhängigkeit der biologischen Wirkungen (vgl. Kapitel 2) für die Bahnstromfrequenz von 16 2/3 Hz stets die dreifachen Werte (s. Tab. 1) der im folgenden genannten Magnetfelder anzusetzen sind. Von einer Umrechnung wurde bewußt abgesehen, um die Originalaussagen der Studien zu erhalten und die Vergleichbarkeit mit weiterer wissenschaftlicher Literatur zu diesem Thema zu gewährleisten.*

Wie aus dem ebenfalls im Anhang beigefügten Überblick über die Internationalen Grenz- und Vorsorgewerte ersichtlich, empfehlen verschiedene Organisationen und in diesem Bereich tätige Wissenschaftler Vorsorgewerte im Bereich von 0,1 bis 1  $\mu$ T. Die Festlegung des Vorsorgewerts basiert auf einer Reihe verlässlicher wissenschaftlicher Studien (Zellexperimente, Tierversuche und epidemiologische Studien), die bis hinab zu Magnetfeldbelastungen von 0,2  $\mu$ T deutliche Hinweise auf sowohl biologische Effekte als auch gesundheitliche Auswirkungen geben. Ebenfalls hat die Vielzahl epidemiologischer Studien an Anwohnern von Hochspannungstrassen aber auch gezeigt, dass das Risiko äußerst gering ist, infolge einer Dauerbelastung von maximal 0,2  $\mu$ T einen gesundheitlichen Schaden zu erfahren.

Zur Untermauerung des Vorsorgewertes von 0,2  $\mu$ T sind hier die Ergebnisse einiger neuerer wissenschaftlicher Studien kurz zusammengefaßt. Die Studien untersuchen vor allem das Auftreten von Kinderleukämie in Abhängigkeit von der langfristigen Magnetfeldexposition. Bei den hier aufgeführten Studien handelt es um Metastudien, d.h. Zusammenfassungen vieler Einzelstudien. Der große Vorteil der Metastudien besteht darin, dass sie sich auf wesentlich größere Fallzahlen stützen können und daher statistisch signifikante Ergebnisse zeigen. Damit konnte die Widersprüchlichkeit der Ergebnisse vieler Einzelstudien, die jeweils nur geringe Fallzahlen zur Verfügung haben, erheblich reduziert werden.

Dr. Anders Ahlbom vom Karolinska Institut in Stockholm analysierte zusammen mit acht Epidemiologen die Daten von 3247 an Leukämie erkrankten Kindern



und einer Kontrollgruppe von 10 400 gesunden Kindern<sup>1</sup>. Die Wissenschaftler fanden in der Gruppe der Kinder, die Magnetfeldexpositionen über 0,4  $\mu\text{T}$  ausgesetzt waren, eine Erhöhung des Leukämierisikos um den Faktor 2,0 (95%-Konfidenzintervall 1,27 bis 3,13).

Eine ähnliche Studie wurde in den USA von Dr. S. Greenland und Kollegen<sup>2</sup> durchgeführt, in die 2656 an Leukämie erkrankte und 7075 gesunde Kinder einbezogen wurden. In dieser Studie wurde die Grenze bei 0,3  $\mu\text{T}$  gezogen. Als Ergebnis zeigt sich in der über 0,3  $\mu\text{T}$  belasteten Gruppe eine Erhöhung des Risikos, an Leukämie zu erkranken um den Faktor 1,68 (95%-Konfidenzintervall 1,23 bis 2,31),

Das Deutsche Kinderkrebsregister am Institut für medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz und der Forschungsverbund Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme an der Technischen Universität<sup>3</sup> führten seit 1997 eine Untersuchung zum Zusammenhang zwischen häuslichen Magnetfeldern und der Erkrankung an einer Kinderleukämie mit Kindern in ganz Westdeutschland durch. In dieser Studie wurden 514 erkrankte und 1301 gesunde Kinder untersucht. Statistisch signifikante Ergebnisse zeigten sich in dieser Studie vor allem bei Betrachtung der nächtlichen Magnetfeldexposition (22 bis 6 Uhr). Für Magnetfelder über 0,2  $\mu\text{T}$  ergab sich eine Erhöhung des Leukämierisikos um den Faktor 3,21 (95%-Konfidenzintervall 1,33 bis 7,80). Bei Betrachtung nur der Kinder unter 5 Jahren betrug der Risikoerhöhungsfaktor 4,48 (95%-Konfidenzintervall 1,20 bis 16,70).

Die internationale Agentur für Krebsforschung (IARC, International Agency for Research on Cancer), eine wissenschaftliche Institution der Weltgesundheitsorganisation (WHO, World Health Organisation) mit Sitz in Lyon (Frankreich) hat in

---

<sup>1</sup> A. Ahlbom, N. Day, M. Feychting, E. Roman, J. Skinner, J. Dockerty, M. Linet, M. McBride, J. Michaelis, J.H. Olsen, T. Tynes, P.K. Verkasalo: A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, *British Journal of Cancer* 2000, 83, 692-698.

<sup>2</sup> S. Greenland, A.R. Sheppard, W.T. Kaune, C. Poole, M.A. Kelsh: A Pooled Analysis of Magnetic Fields, Wire Codes, and Childhood Leukemia, *Epidemiology* 2000, 11, 624-634.

<sup>3</sup> J. Schüz, J. Michaelis: Abschlußbericht der EMF II-Studie. Epidemiologische Studie zur Assoziation von Leukämieerkrankungen bei Kindern und häuslicher Magnetfeldexposition. IMSD-Technischer Bericht. Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz, Mainz, Dezember 2000.



einer Pressemitteilung im August 2001 erklärt, dass die Organisation zu dem Schluß gekommen sei, dass niederfrequente Magnetfelder möglicherweise beim Menschen krebserregend wirken<sup>4</sup>. Die Monographie 80 zu niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern soll im Frühjahr 2002 erscheinen.

Die Ergebnisse dieser und anderer Studien sind nach Meinung des Sachverständigen so aussagekräftig, dass sie bei der Einschätzung der Gefährdung durch niederfrequente magnetische Wechselfelder nicht ignoriert werden können.

Köln, Juni 2002

---

<sup>4</sup> Elektromog-Report, Okt. 2001, S. 2





**Aktuelle Vorsorgewerte sowie Grenzwerte, die auf dem Vorsorgeprinzip gründen**

	<i>Niederfrequenz (NF) Magnetfeld 50 Hz</i>		<i>Hochfrequenz (HF) Leistungsflussdichte 400 bis 2.000 MHz</i>	
	<b>µT</b>	<b>Bedingung</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>	<b>Bedingung</b>
Italien 1999	0,5 2 0,2	(Entwurf) Jahresmittel max. Kurzwert Zielwert	1 0,1	Kurzwert Dauerbelastung
Schweiz 2000 ("Anlagegrenzwert")	1		0,042 0,095	900 MHz (*) 1.800 MHz (*)
Nordrheinwestfalen Bauleitplanung 1998 (Neubauten)	10		-	
Russland 1999	-		0,1	
China 1999 (Gesundheitsministerium)	-		0,1 0,4	Dauerbelastung kurzfristig
China 1999 (Umweltministerium)	-		0,4	
nova-Institut 2000	0,2		0,02 - 0,1	(*)
Ecolog-Institut 2000	0,1 0,2	Einzelanlage Gesamtbelastung	0,01	
Salzburger Vorsorgegrenzwert			0,001	
Bonn 10/99: Resolution Bürgerforum & EMF-Expertenrunde (u.a. Bundesverband gegen Elektrosmog)	0,1 0,02	Wachbereich Ruhe- und Schlafbereich	0,000 1 0,000 001 0,000 001 0,000 000 01	ungepulst, Wachbereich ungepulst, Ruhe- und Schlaf gepulst, Wachbereich gepulst, Ruhe- und Schlaf
<b>zum Vergleich</b>				
ICNIRP 1987-1998	100		2 – 10	(*)
Deutschland (26. BImSchV)	100		2 – 10	(*)

(\*): Grenz- und Vorsorgewerte frequenzabhängig

(nova 2001)

#### Nachtrag zu Kapitel 4.4

Die im Gutachten geäußerte Vermutung, dass die südliche Speiseleitung während der Messung nicht in Betrieb war, wurde nachträglich von der DB-Energie bestätigt. Der im Normalfall auf die nördliche und südliche Speiseleitung verteilte Strom wurde zum Zeitpunkt der Messung nur über die nördliche Speiseleitung geführt. Dadurch wird der bei der Messung festgestellte relativ große Unterschied zwischen den Abstandsverteilungen auf der nördlichen und südlichen Seite verständlich. Im Normalbetrieb ist davon auszugehen, dass sich der Speisestrom in etwa gleichmäßig auf die nördliche und südliche Seite verteilt und daher auf beiden Seiten in etwa mit einem Magnetfeldverlauf zu rechnen ist, der sich aus einer Mittelung der Diagramme 6a und 6b ergibt.

Dieses Gutachten wurde erstellt von der EMF-Abteilung des nova-Instituts

Tel.: 0221-941 59 77

Fax: 0221-941 59 76

E-Mail: [EMF@nova-Institut.de](mailto:EMF@nova-Institut.de)

Internet: [www.EMF-Beratung.de](http://www.EMF-Beratung.de)