

Gutachten
über die Beeinflussung
des Physikalisch-Chemischen Institutes und
des Mineralogischen Institutes
durch elektromagnetische Felder
im Bereich der Straßenbahntrasse Neuenheimer Feld
in Heidelberg

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Vorbemerkung	3
2. Rechnerische Ermittlung der verursachten magnetischen Gleichfeldänderungen	4
2.1 Trassenführung im Neuenheimer Feld	4
2.1.1 Physikalisch-Chemisches Institut	4
2.1.2 Mineralogisches Institut	5
2.1.3 Bewertung der Trasse Im Neuenheimer Feld	5
2.2 Trassenführung durch den Klausenpfad	6
3. Zusammenfassung	7

Anlage: 14 Diagramme

Gutachten über die Beeinflussung des Physikalisch-Chemischen Institutes und des Mineralogischen Institutes durch elektromagnetische Felder im Bereich der Straßenbahntrasse Neuenheimer Feld in Heidelberg

Von dem Stadtplanungsamt Heidelberg wurde das Labor für Korrosionsschutz und Elektrotechnik der Technischen Akademie Wuppertal e. V. mit dem oben genannten Gutachten beauftragt (Bestellung vom 13.05.2005).

Die Heidelberger Straßen- und Bergbahn AG plant die Anbindung des Neuenheimer Feldes an das bestehende Straßenbahnnetz. Die derzeitige Planung geht von einer Trassenführung durch die Kirschnerstraße, den Hofmeisterweg, die Tiergartenstraße und Im Neuenheimer Feld aus. In der Kirschnerstraße verläuft die Straßenbahntrasse an den Gebäuden des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ) vorbei. Die Beeinflussung der dort vorhandenen, in Bezug auf magnetische Felder empfindlichen Messsysteme und Maßnahmen zur Verringerung der magnetischen Gleichfeldänderungen wurden in unserem Gutachten vom 05.05.2003 beschrieben.

In diesem Gutachten werden die zu erwartenden Beeinflussungen durch magnetische Gleichfeldänderungen im Bereich des Physikalisch-Chemischen Institutes und des Mineralogischen Institutes untersucht. Darüber hinaus wird für eine Variante durch den Klausenpfad die Beeinflussung der Gebäude des Technologieparks bewertet.

Für die Erstellung dieses Gutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Vorplanung - Übersichtsplan, Straßenbahnanbindung Neuenheimer Feld / Universität, Variante A1 und A2, Blatt 1, Maßstab 1:1000, Oktober 2003
- Vorplanung - Übersichtsplan, Straßenbahnanbindung Neuenheimer Feld / Universität, Variante A1 und A2, Blatt 2, Maßstab 1:1000, Oktober 2003
- Vorplanung - Übersichtsplan, Straßenbahnanbindung Neuenheimer Feld / Universität, Variante A1, Blatt 1, Maßstab 1:1000, 16. April 2005
- Ergebnisse der Besprechung vom 14.03.2005, an der Vertreter der Universität, der HSB, des Stadtplanungsamtes und des Ing.-Büros Karle GmbH teilnahmen

1. Vorbemerkung

Gegenüber der in unserem Gutachten vom 05.05.2003 beschriebenen Trasse, die seinerzeit in der Tiergartenstraße in Höhe des Schwimmbades endete, sieht die aktuelle Planung die Weiterführung der Trasse durch die Straße Im Neuenheimer Feld vor. Am Ende dieser Straße erfolgt die Einbindung in die bestehende Straßenbahntrasse Berliner Straße.

Eine andere Variante führt zunächst durch die Straße Im Neuenheimer Feld und schwenkt hinter der Kopfklinik in den Klausenpfad. Dort verläuft die Trasse am Technologiepark vorbei und mündet in die Berliner Straße.

Die Fahrstromversorgung erfolgt aus dem vorhandenen Unterwerk Jahnstraße und einem neuen Unterwerk, das im Bereich des Schwimmbades errichtet werden soll.

In der Besprechung am 14.03.2005 wurde von der Universität darauf hingewiesen, dass die im Neuenheimer Feld verlaufende Trasse lediglich einen Abstand von 39,1 m zum Physikalisch-Chemischen Institut und 32,9 m zum Mineralogischen Institut hat. Unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen magnetischen Gleichfeldänderungen, die durch den Straßenbahnbetrieb in der Berliner Straße verursacht werden, muss zur Sicherstellung eines ungestörten Forschungsbetriebes gewährleistet sein, dass die zusätzlich durch den Straßenbahnbetrieb in der Straße Im Neuenheimer Feld entstehenden Gleichfeldänderungen einen Wert von 50 nT, bezogen auf die der Trasse zugewandeten Gebäudeaußenkanten, nicht überschreiten.

2. Rechnerische Ermittlung der verursachten magnetischen Gleichfeldänderungen

Zunächst wurde untersucht, welche Gleichfeldänderungen auftreten, wenn keine besonderen Maßnahmen zur Verringerung der magnetischen Gleichfeldänderungen getroffen werden. Für diese Berechnungen wurden die gleichen Annahmen wie in unserem Gutachten vom 05.05.2003 für das DKFZ zugrunde gelegt:

Fahrleitungshöhe:	$h_F = 5 \text{ m}$
Spurweite der Fahrschienen:	$s = 1000 \text{ mm}$
Gleismittenabstand:	$a = 3 \text{ m}$
max. Betriebsstrom:	$I_{\max} = 2400 \text{ A}$

Hinsichtlich des Betriebsstromes wurde davon ausgegangen, dass zwei Züge gleichzeitig anfahren und hierbei den maximalen Anfahrtsstrom von jeweils 1200 A aufnehmen. Die Stromversorgung erfolgt aus dem neu zu errichtenden Unterwerk am Schwimmbad; die Züge befinden sich am Ende des Streckenabschnittes Neuenheimer Feld / Berliner Straße.

Anschließend wurde untersucht, durch welche Kompensationsmaßnahmen die auftretenden magnetischen Gleichfeldänderungen minimiert werden können. Neben der für das DKFZ vorgeschlagenen Lösung, unter den Gleisen Kompensationsleitungen zu verlegen, die an bestimmten Orten über Verbindungsleitungen mit der Fahrleitung parallelgeschaltet werden, ergaben die Berechnungen die geringsten magnetischen Gleichfeldänderungen, wenn der Streckenabschnitt im Bereich von der Pädagogischen Hochschule bis zur Berliner Straße von den angrenzenden Abschnitten im elektrischen Sinne getrennt und von beiden Seiten eingespeist wird. Hierbei wurde weiterhin zugrunde gelegt, dass die Kompensationsleitungen in einer Tiefe von 1 m unter den Gleisachsen verlegt werden und ihr Querschnitt um den Faktor 5 größer ist als der der Fahrleitung.

2.1 Trassenführung Im Neuenheimer Feld

2.1.1 Physikalisch-Chemisches Institut

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in den Diagrammen 1.1 bis 1.3 wiedergegeben. Wie aus diesen Diagrammen zu ersehen ist, beträgt die an der Gebäudekante des Chemisch-Physikalischen Institutes zu erwartende magnetische Gleichfeldänderung ohne Kompensationsmaßnahmen 1,57 μT , entsprechend 1570 nT.

Bei optimaler Kompensation und weit entfernten Zuganfahrten ist eine Reduzierung der magnetischen Gleichfeldänderungen auf 42 nT möglich. Wird jedoch angenommen, dass die Züge im Bereich zwischen dem Physikalisch-Chemischen Institut und dem Mineralogischen Institut den

Maximalstrom aufnehmen, so führt deren Einfluss zu einer Erhöhung der Gleichfeldänderungen auf insgesamt 60 nT.

2.1.2 Mineralogisches Institut

Der Abstand des Mineralogischen Institutes zur Straßenbahntrasse beträgt 32,9 m. Aufgrund des geringeren Abstandes ergibt die zu erwartende magnetische Gleichfeldänderung ohne Kompensationsmaßnahmen zu 2,2 μT , entsprechend 2200 nT. Bei optimaler Kompensation können die Felder auf Werte von 67 nT reduziert werden. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass sich die anfahrenden Züge im Bereich der Straßeneinmündung Berliner Straße befinden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in den Diagrammen 2.1 bis 2.3 dargestellt.

2.1.3 Bewertung der Trasse Im Neuenheimer Feld

Die vorgenommenen Berechnungen zeigen, dass aufgrund des geringen Abstandes des Physikalisch-Chemischen Institutes und des Mineralogischen Institutes zur geplanten Straßenbahntrasse der geforderte Wert von 50 nT für die zusätzliche maximale magnetische Gleichfeldänderung nicht garantiert werden kann.

In den Diagrammen 3.1 und 3.2 ist die derzeitige Situation durch den Fahrbetrieb in der Berliner Straße, schwarzer Graph, wiedergegeben. Unter der Annahme, dass der maximale Betriebsstrom in der Berliner Straße 2400 A beträgt, ergibt sich die maximale Gleichfeldänderung zu 33 nT (Physikalisch-Chemisches Institut) bzw. zu 180 nT (Mineralogisches Institut). Die zusätzlichen Feldänderungen durch den Betrieb im Neuenheimer Feld führen zu noch höheren Werten, so dass ein ungestörter Forschungsbetrieb erschwert wird.

Aufgrund dessen wurde untersucht, inwieweit sich die gesamten Gleichfeldänderungen reduzieren lassen, wenn nicht nur im Neuenheimer Feld sondern auch in der Berliner Straße Kompensationsmaßnahmen getroffen werden. Da eine Straßenbahnlinie in Zukunft durch das Neuenheimer Feld geführt werden soll, wurde angenommen, dass im Neuenheimer Feld zwei Züge und in der Berliner Straße ein Zug zur gleichen Zeit anfahren.

In diesem Fall reduzieren sich die Gleichfeldänderungen in Querrichtung zur Berliner Straße auf 107 nT (Mineralogisches Institut), siehe Diagramm 3.2, roter Graph. Im Physikalisch-Chemischen Institut tritt keine Änderung bzw. eine vernachlässigbare Erhöhung auf.

Betrachtet man die Feldänderungen in Querrichtung zu der geplanten Trasse durch das Neuenheimer Feld, so betragen die Gesamtfeldänderungen 57 nT (Physikalisch Chemisches Institut, Diagramm 4) und 118 nT (Mineralogisches Institut). Während sich die Gesamtbelastung des Physikalisch-Chemischen Instituts von 33 nT auf 57 nT erhöht, wird sie für das Mineralogische Institut von 180 nT auf 118 nT reduziert.

Aus diesen Berechnungen folgt somit, dass eine Trassenführung durch das Neuenheimer Feld nur dann möglich ist, wenn zusätzliche Kompensationsmaßnahmen auf der Berliner Straße getroffen werden.

2.2 Trassenführung durch den Klausenpfad

Im Bereich der Straßeneinmündung Klausenpfad / Berliner Straße befindet sich der Technologiepark. Einige Gebäude liegen bereits jetzt im Einflussbereich der vorhandenen Straßenbahntrasse Berliner Straße. Der Abstand der Gebäude 580 und 585 liegt in der Größenordnung von 13 bis 15 m. Unter der Annahme, dass die Stromaufnahme der Züge in der Berliner Straße 2400 A beträgt, treten an den Außenkanten der beiden Gebäude magnetische Gleichfeldänderungen von 10 bis 13 μT auf.

Betrachtet man die Trassenführung durch den Klausenpfad, so beträgt der Abstand der Außenkante des Gebäudes 584 lediglich 8,5 m zum nächstgelegenen Gleis. Ohne Kompensationsmaßnahmen sind dort zusätzliche Gleichfeldänderungen von 33 μT zu erwarten, die in einer um 6 m größeren Entfernung auf die jetzt in der Berliner Straße auftretenden Werte abgeklungen sind. Durch Verlegen von Kompensationsleitungen lassen sich die an der Außenkante des Gebäudes 584 auftretenden zusätzlichen Feldänderungen auf 4,7 μT verringern siehe Diagramme 6.1 bis 6.3. Durch zusätzliche Kompensationsmaßnahmen auf der Berliner Straße und der Annahme, dass im Neuenheimer Feld 2 Züge und in der Berliner Straße 1 Zug anfahren, beträgt die durch beide Trassen verursachte Gleichfeldänderung 7,7 μT und ist damit in etwa um den Faktor 2 kleiner als die jetzige Gleichfeldänderung.

Um beurteilen zu können, ob und inwieweit Kompensationsmaßnahmen erforderlich sind, sollte jedoch zuerst geprüft werden, ob im Gebäude 584 gegen magnetische Gleichfeldänderungen empfindliche Messsysteme eingesetzt werden. Anzumerken ist, dass Monitore durch magnetische Gleichfeldänderungen von $\geq 10 \mu\text{T}$ beeinflusst werden können, die zu Farbverfälschungen und Bildverzerrungen führen. In diesen Fällen wird der Einsatz von LCD-Displays empfohlen.

3. Zusammenfassung

Die für die Straßenbahnanbindung Neuenheimer Feld / Universität in Heidelberg vorgenommenen Berechnungen ergaben, dass die im Bereich des Physikalisch-Chemischen Institutes und des Mineralogischen Institutes auftretenden zusätzlichen Gleichfeldänderungen trotz Kompensationsmaßnahmen oberhalb des für die Bewertung zugrunde gelegten Wertes von 50 nT liegen werden. Aufgrund dessen kann ein ungestörter Betrieb der empfindlichen Messsysteme der genannten Institute nicht garantiert werden.

Betrachtet man allerdings die gesamten magnetischen Gleichfeldänderungen, die durch den Straßenbahnbetrieb im Neuenheimer Feld und in der Berliner Straße verursacht werden, kann durch Kompensationsmaßnahmen auf beiden Trassen eine ausreichende Reduzierung erzielt werden.

Bei einer Trassenführung durch den Klausenpfad sind magnetische Gleichfeldänderungen zu erwarten, die in der gleichen Größenordnung liegen werden, wie die jetzt in der Berliner Straße auftretenden Änderungen. Lediglich der Abstand des Gebäudes 584 ist so gering, dass ohne Kompensationsmaßnahmen an der Außenkante Werte von 33 μT zu erwarten sind, die allerdings innerhalb des Gebäudes rasch abnehmen. Deshalb wird vorgeschlagen, zunächst zu prüfen, ob in diesem Gebäudeteil gegen magnetische Gleichfeldänderungen empfindliche Messsysteme eingesetzt werden. Durch Kompensationsmaßnahmen auf beiden Trassen können die maximalen Gleichfeldänderungen in etwa um den Faktor 2 gegenüber den jetzigen Werten reduziert werden.

Durch die Weiterführung der Straßenbahn durch das Neuenheimer Feld bzw. den Klausenpfad bis zur Berliner Straße entsteht bezogen auf die Fahrschienen eine Masche. Der Fahrbetrieb in der Berliner Straße verursacht Schienenlängsspannungsfälle, so dass in den Fahrschienen der geplanten Straßenbahnanbindung Ausgleichsströme fließen können, die ebenfalls magnetische Gleichfeldänderungen verursachen. Daher ist bei der Realisierung von Kompensationsmaßnahmen wie für das DKFZ darauf zu achten, dass die Masche durch Schienenisolierstöße aufgetrennt wird.

Berichterstatter

Technische Akademie Wuppertal e. V.
Labor für Korrosionsschutz und Elektrotechnik

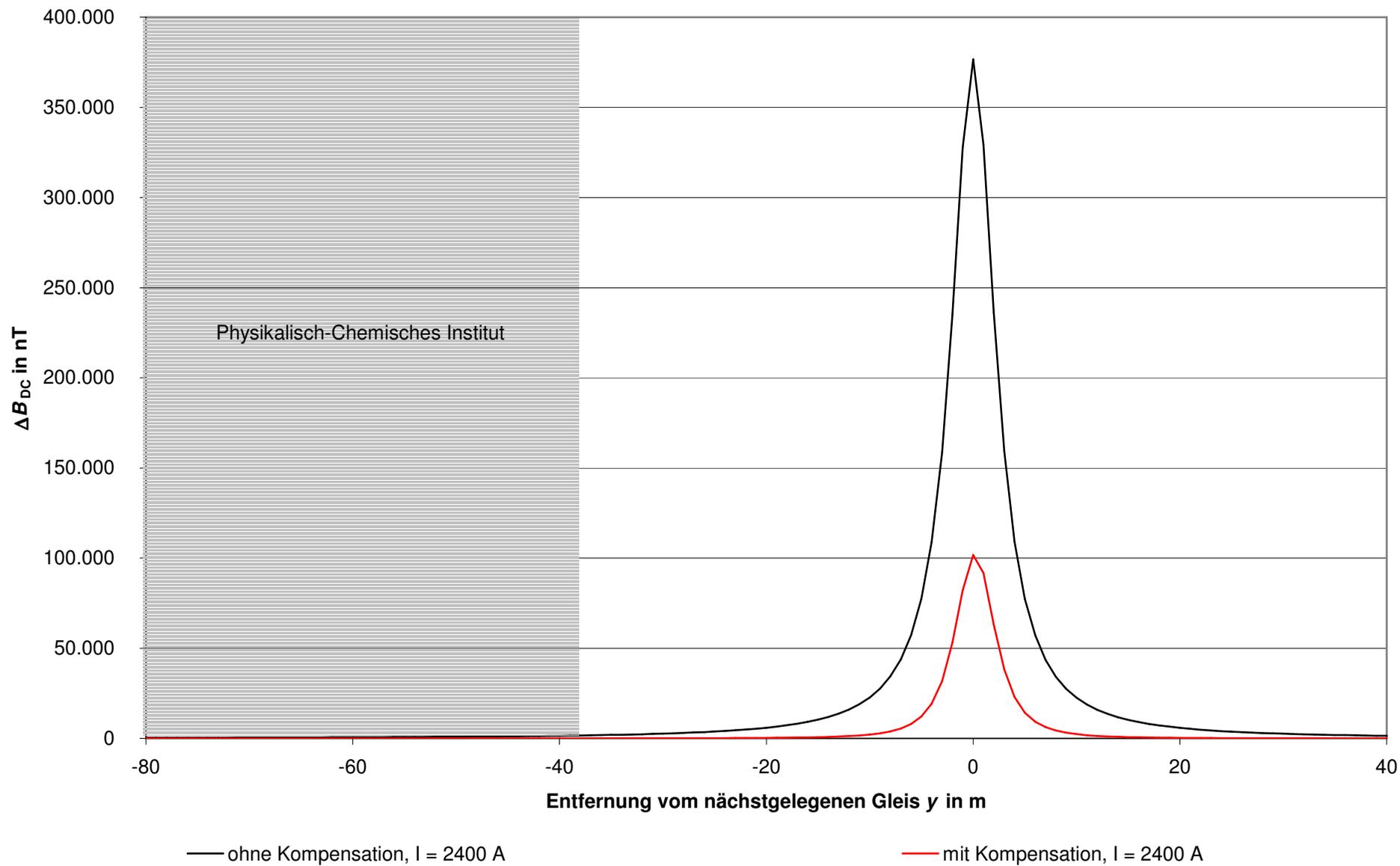


Diagramm 1.1: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

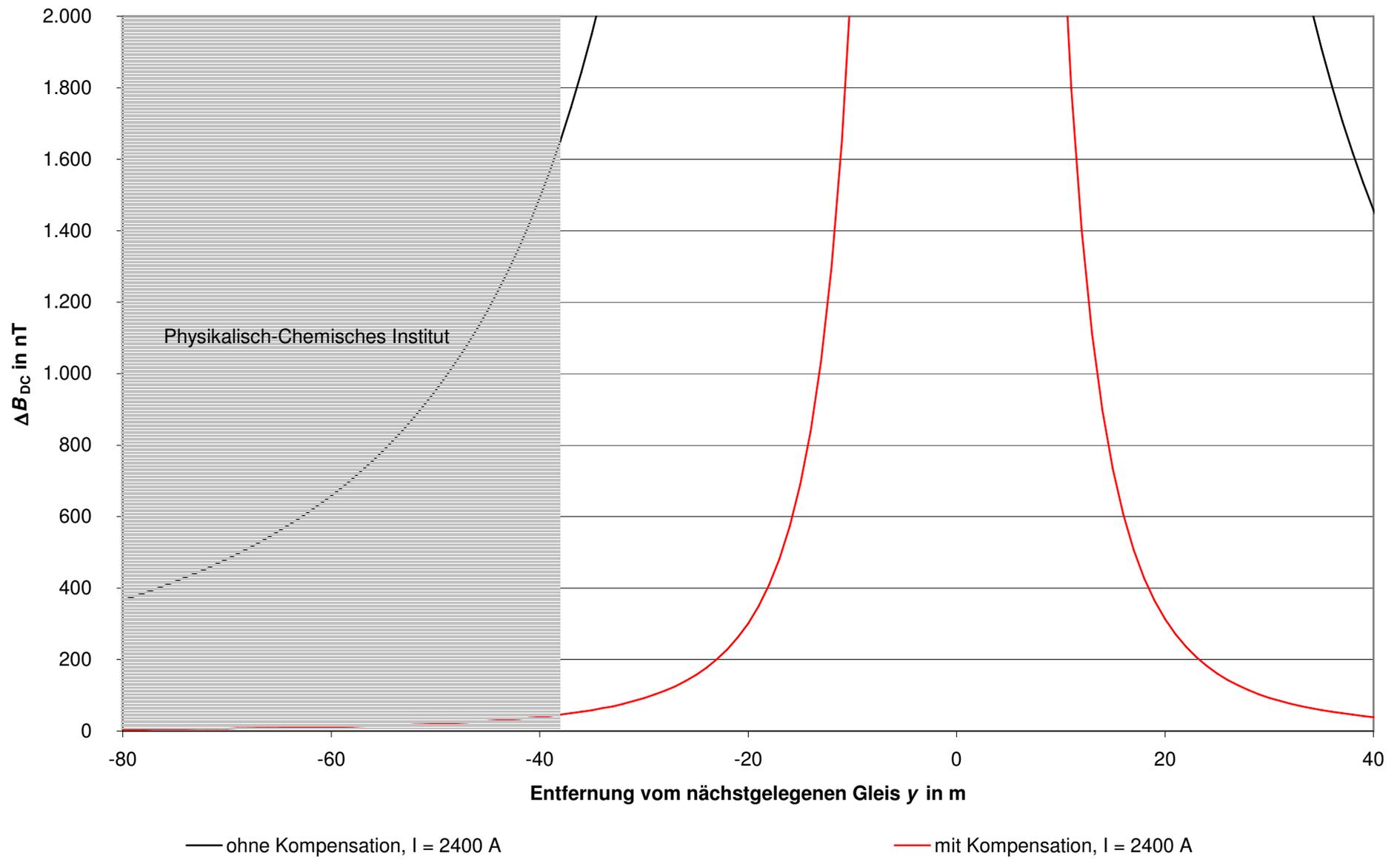


Diagramm 1.2: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

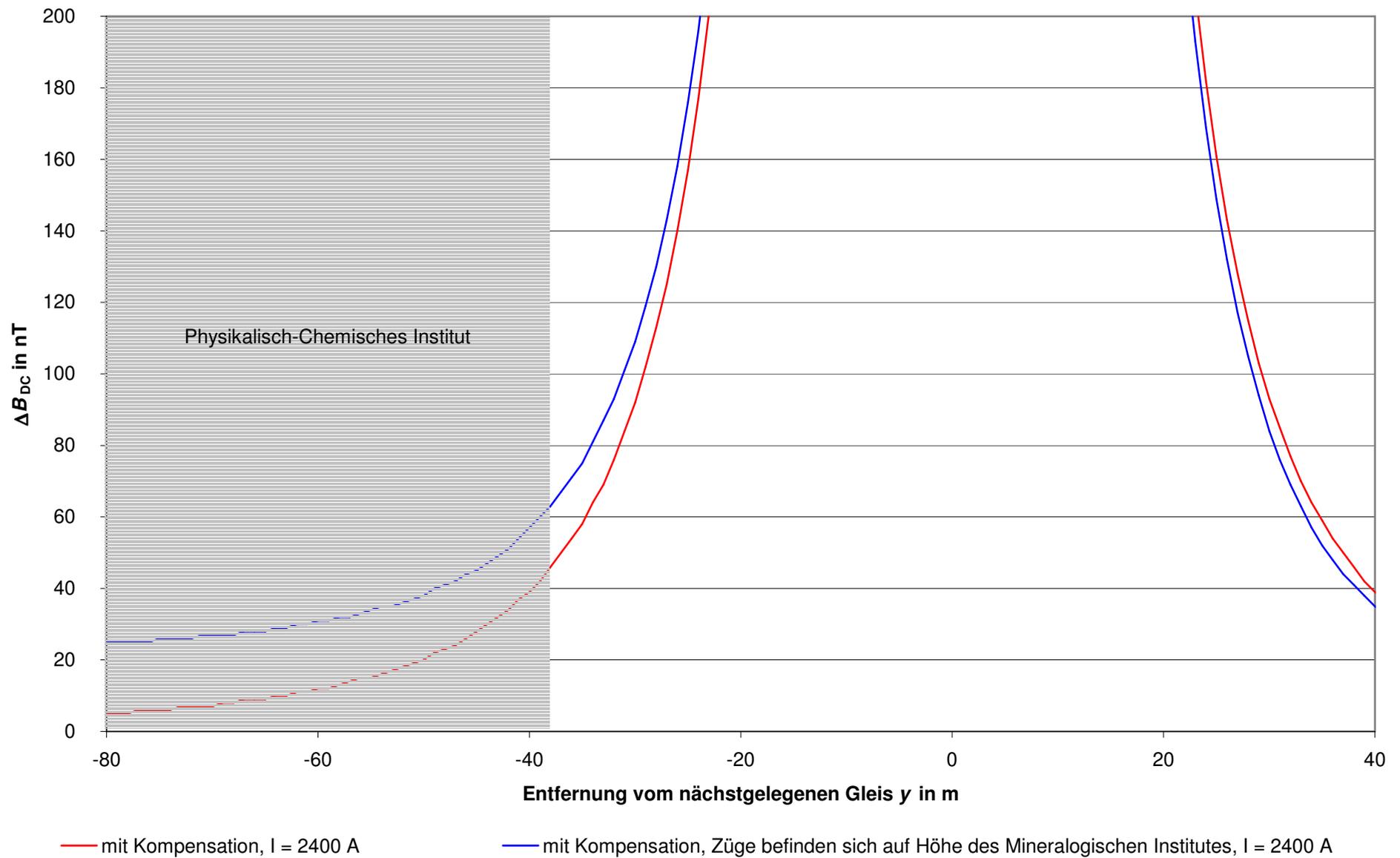


Diagramm 1.3: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

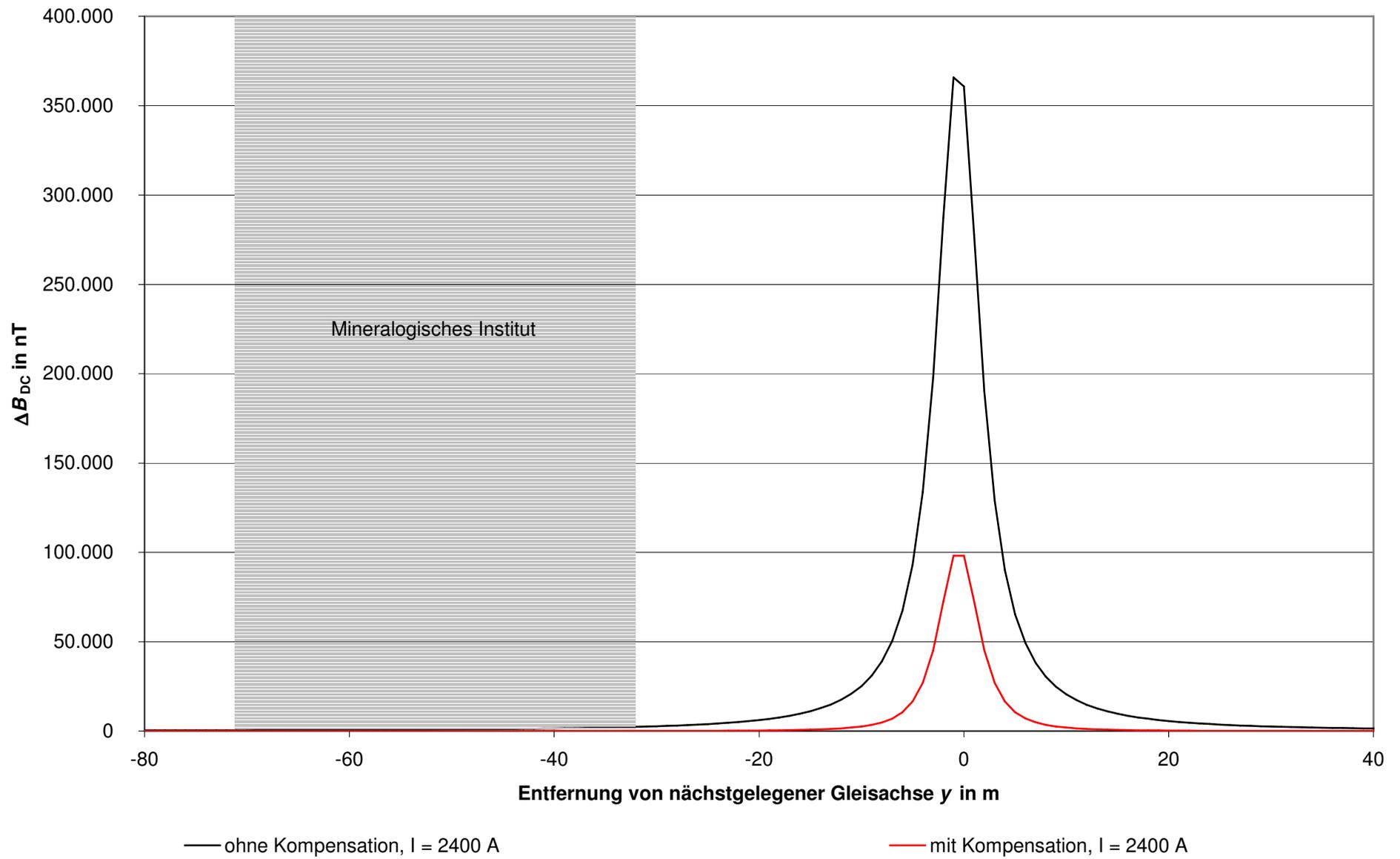


Diagramm 2.1: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

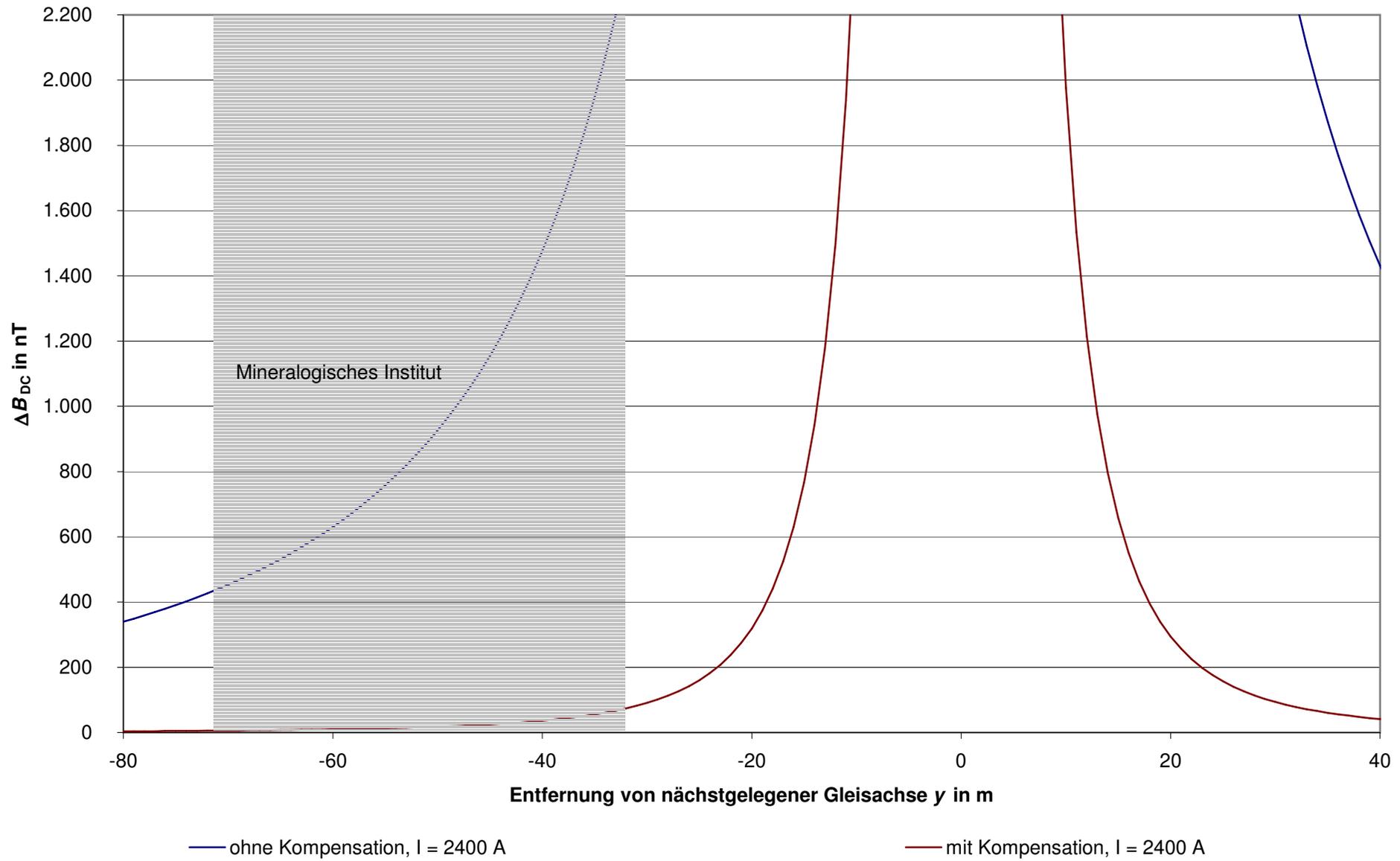


Diagramm 2.2: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

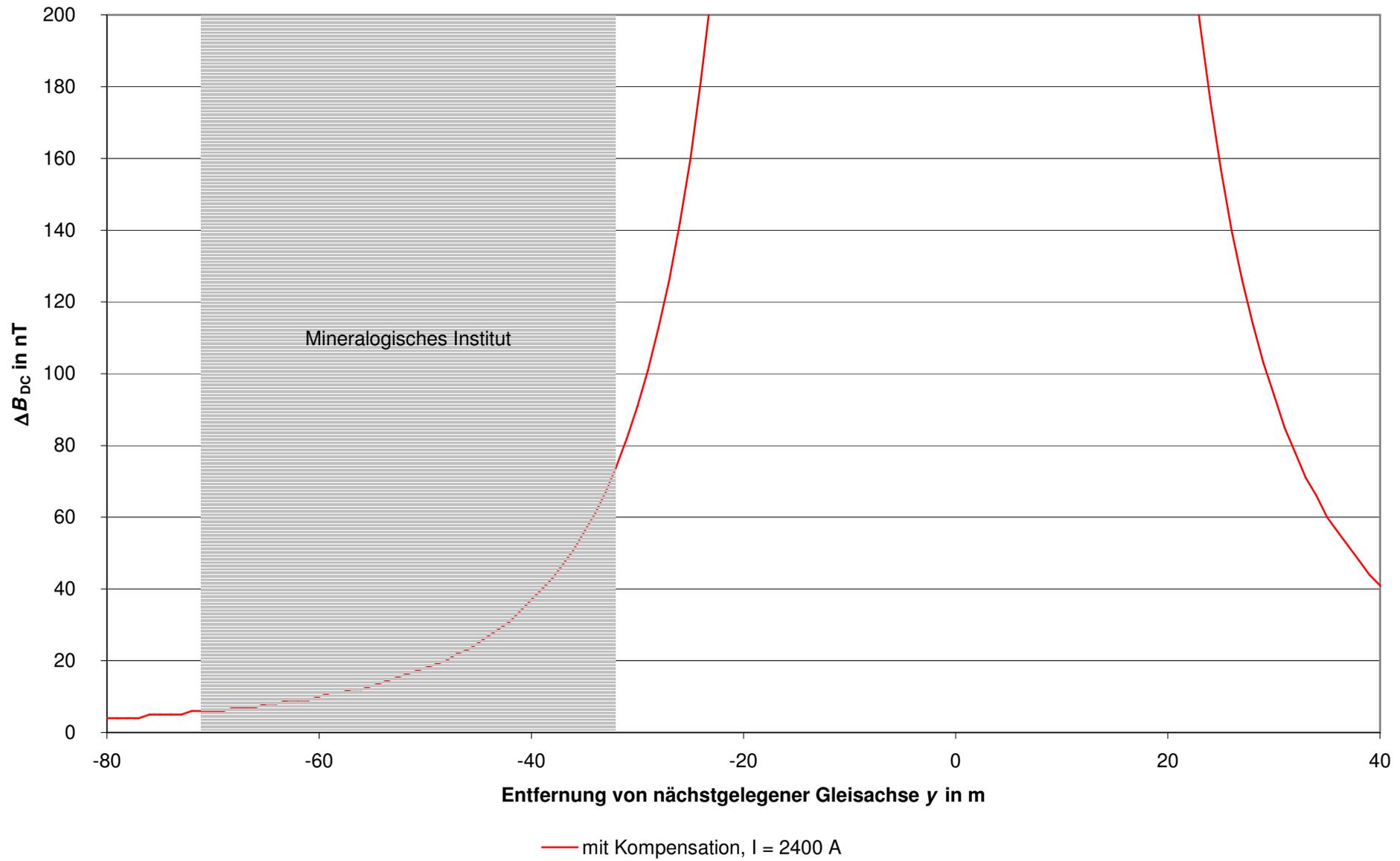


Diagramm 2.3: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

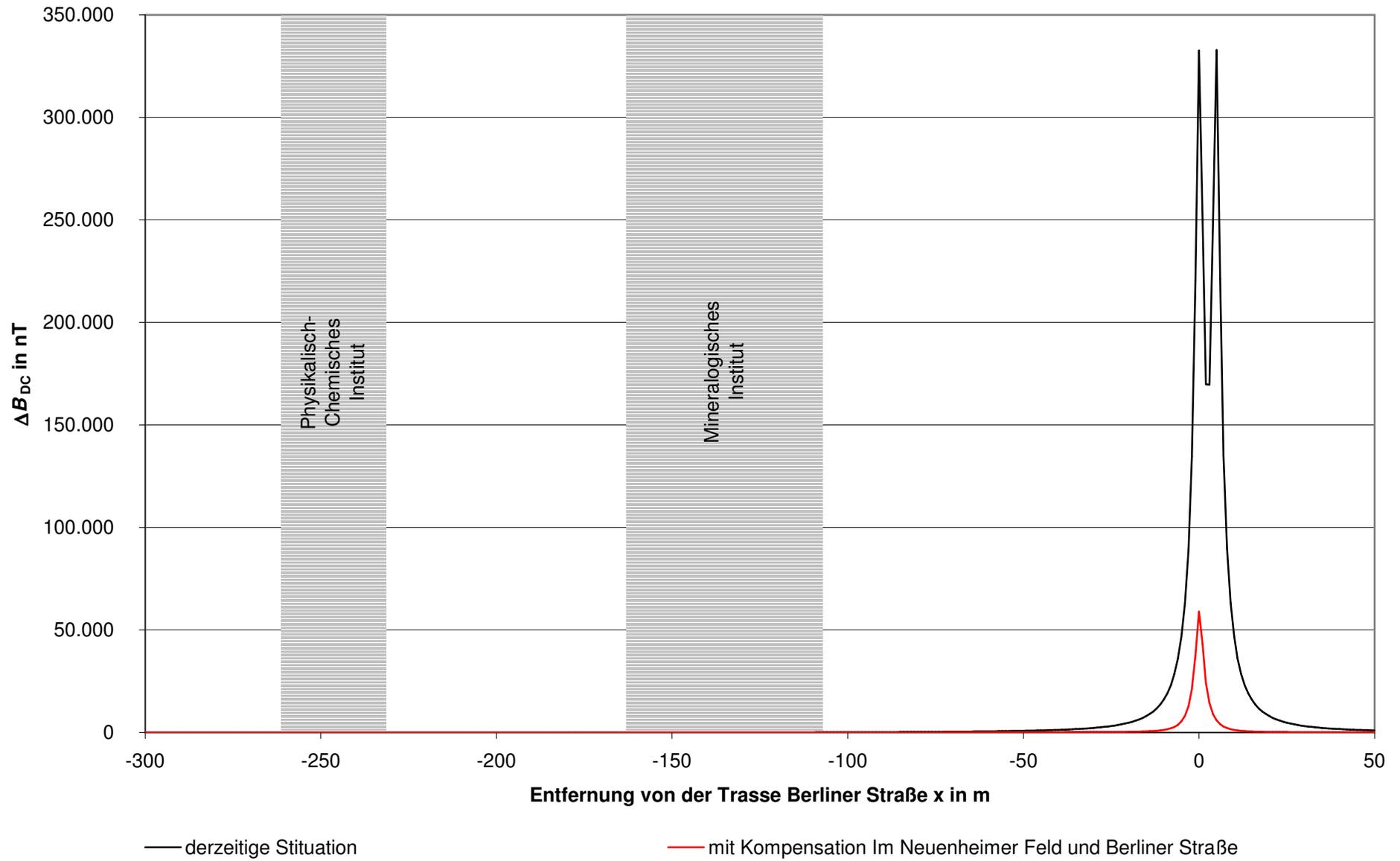


Diagramm 3.1: Magnetische Gleichfeldänderungen durch Fahrbetrieb in der Berliner Straße, Heidelberg, Juli 2005

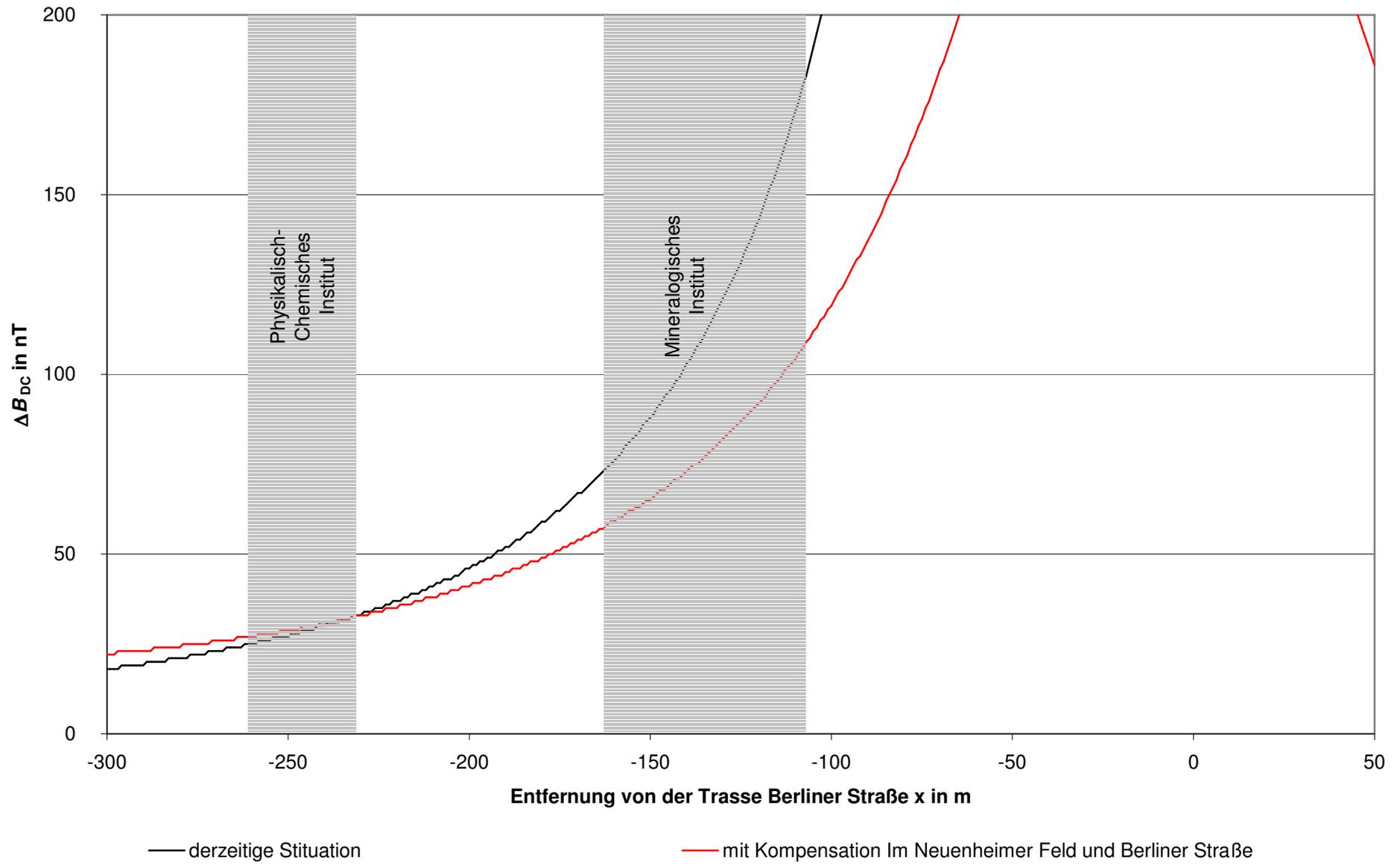


Diagramm 3.2: Magnetische Gleichfeldänderungen durch Fahrbetrieb in der Berliner Straße, Heidelberg, Juli 2005

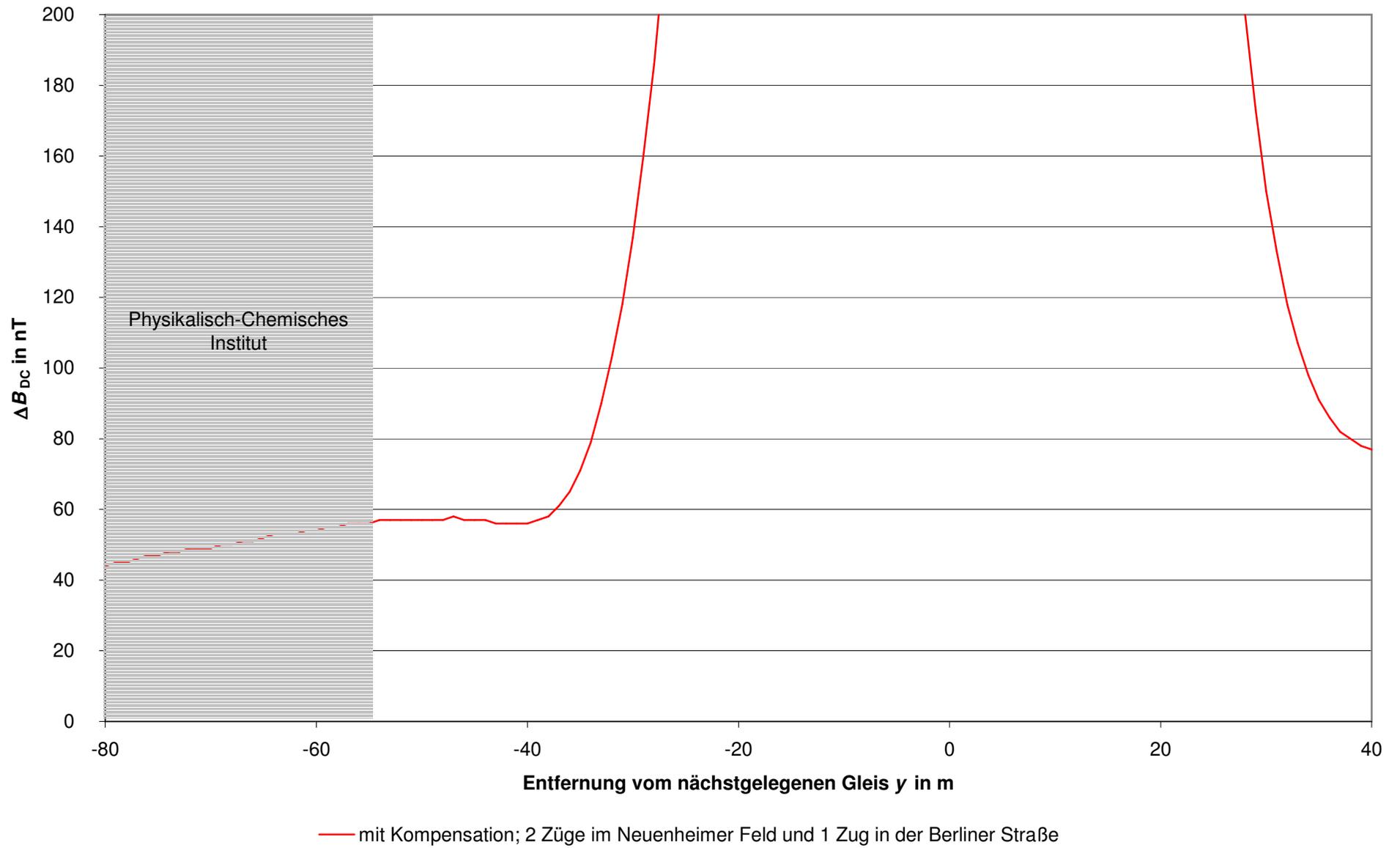


Diagramm 4: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

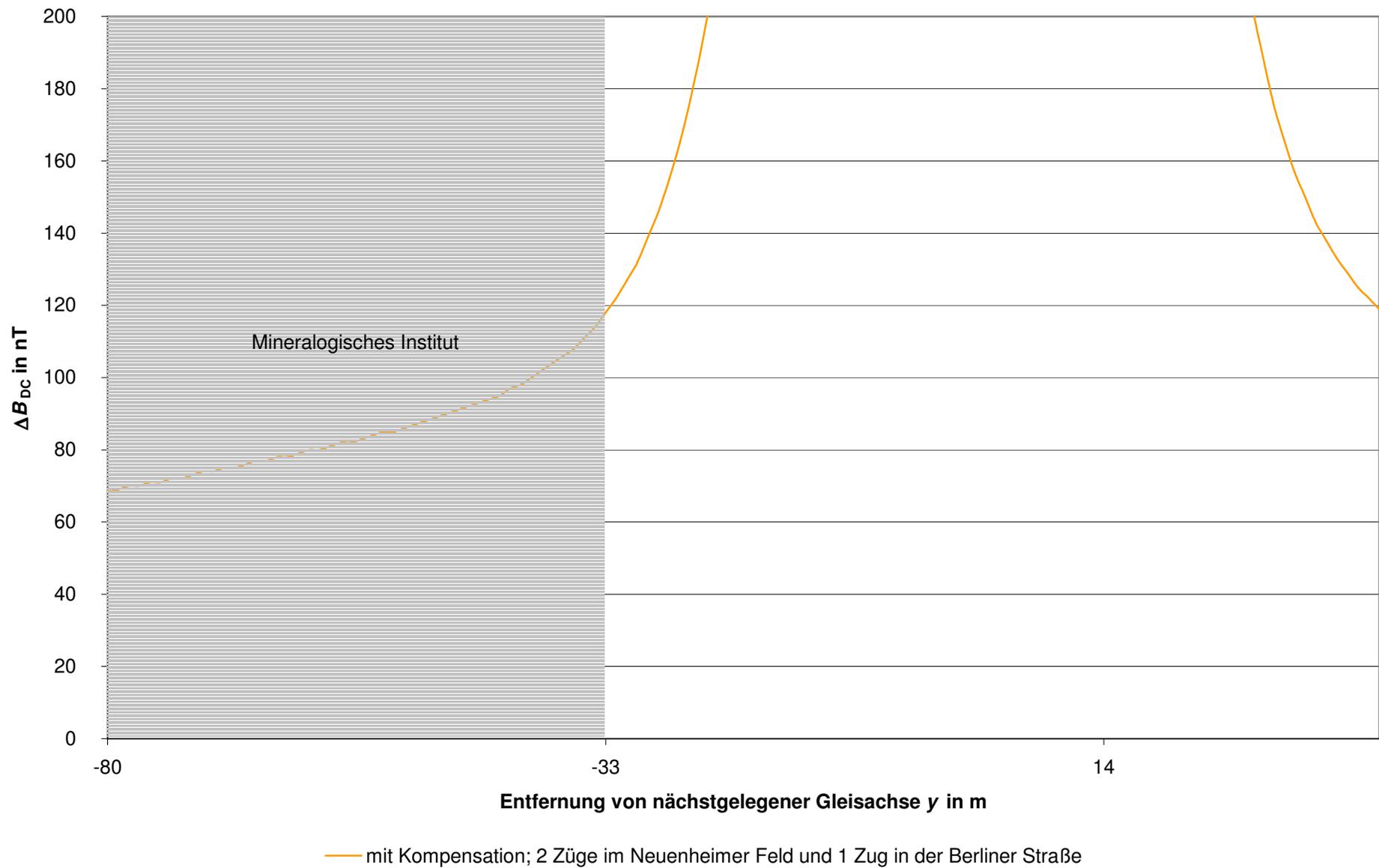


Diagramm 5: Magnetische Gleichfeldänderung, Im Neuenheimer Feld, Heidelberg, Juli 2005

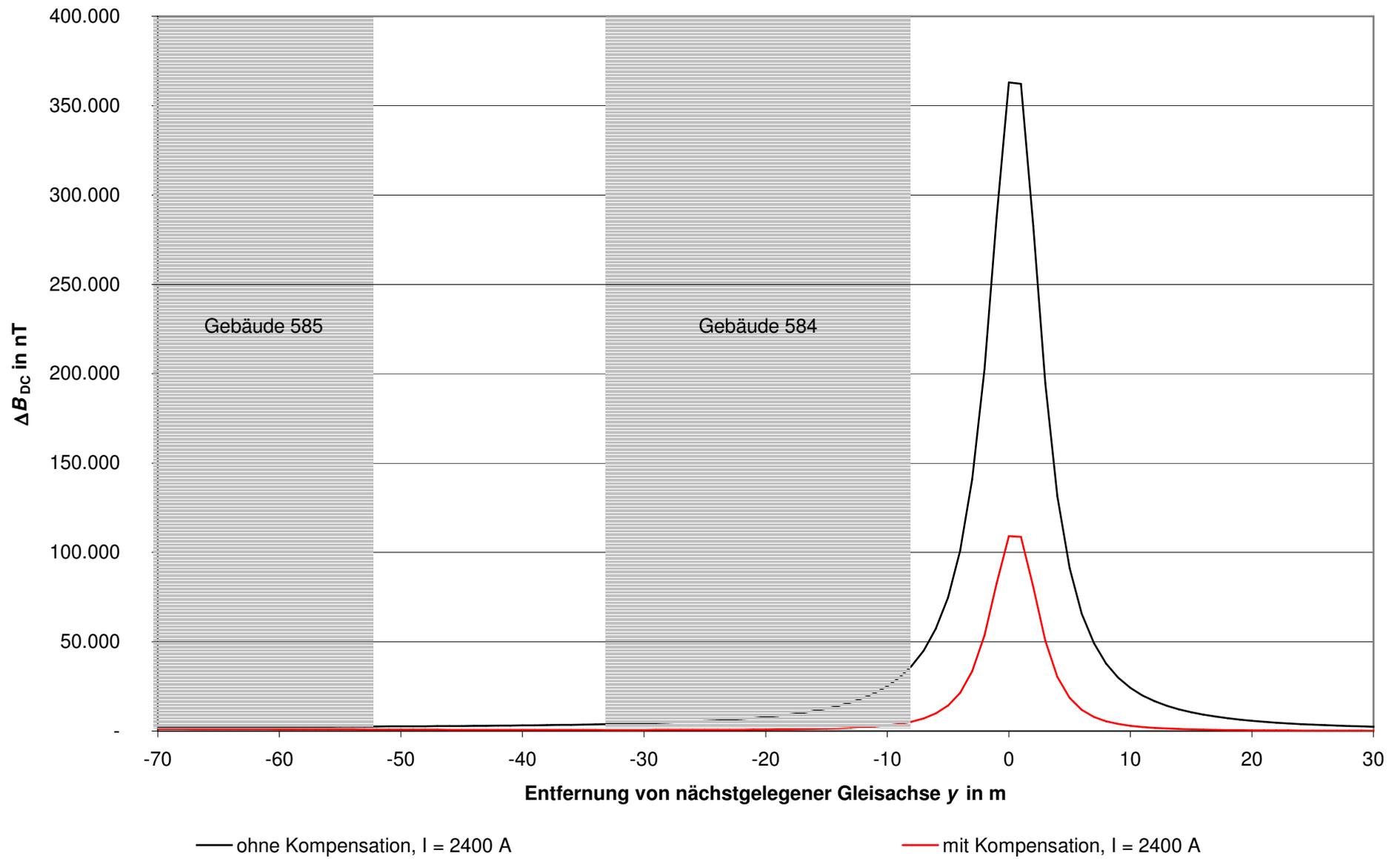


Diagramm 6.1: Magnetische Gleichfeldänderung, Klausenpfad, Heidelberg, Juli 2005

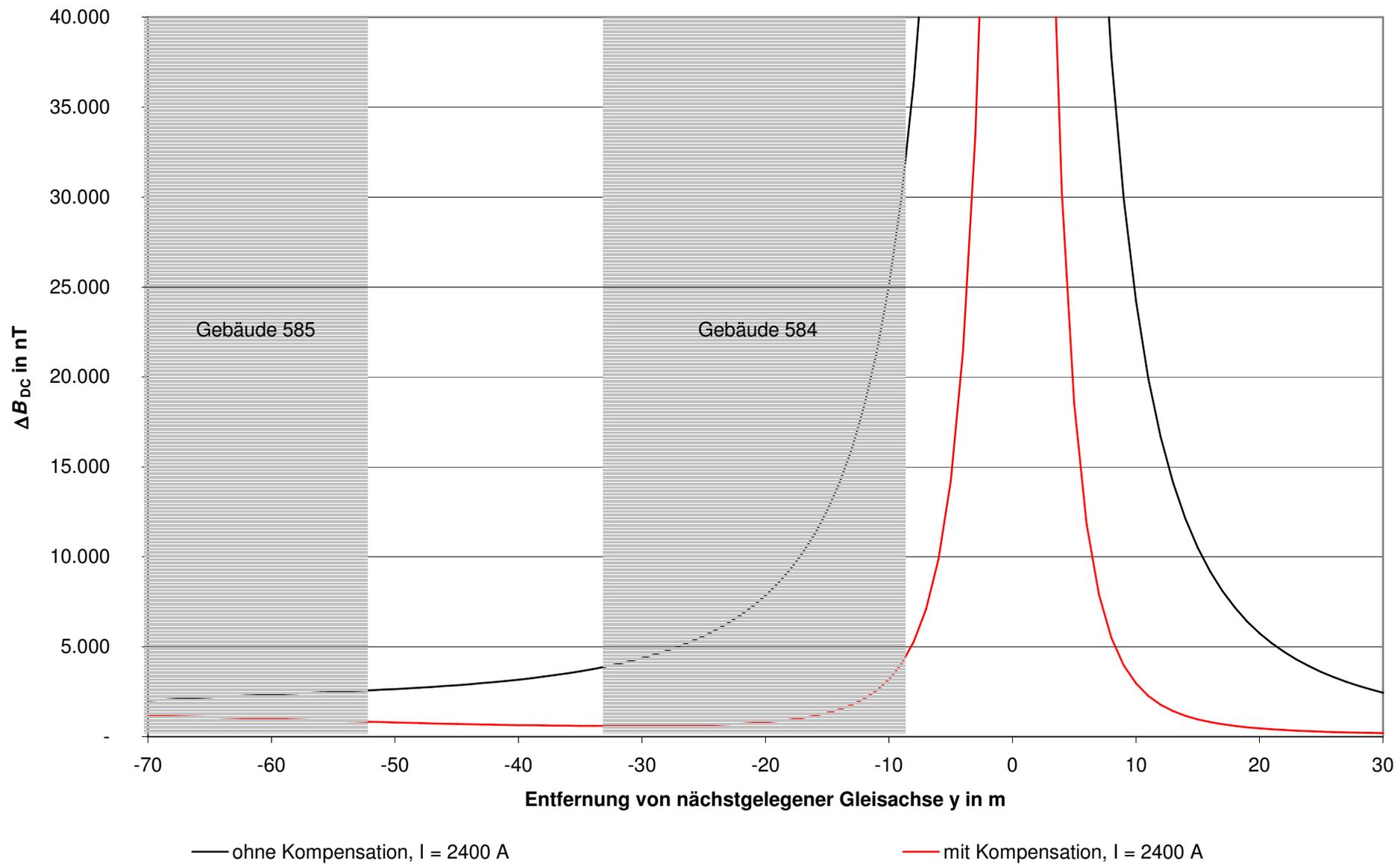


Diagramm 6.2: Magnetische Gleichfeldänderung, Klausenpfad, Heidelberg, Juli 2005

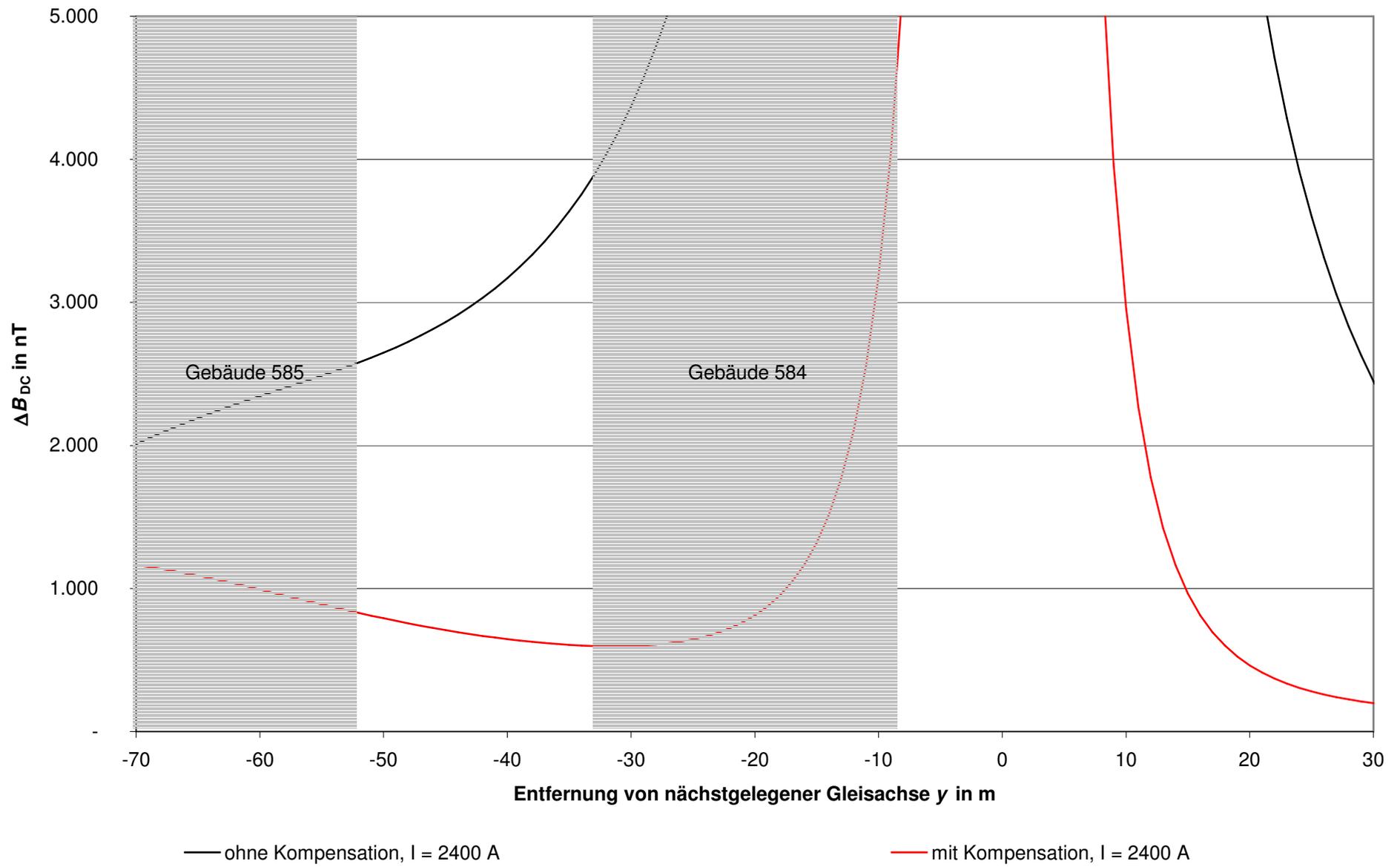


Diagramm 6.3: Magnetische Gleichfeldänderung, Klausenpfad, Heidelberg, Juli 2005

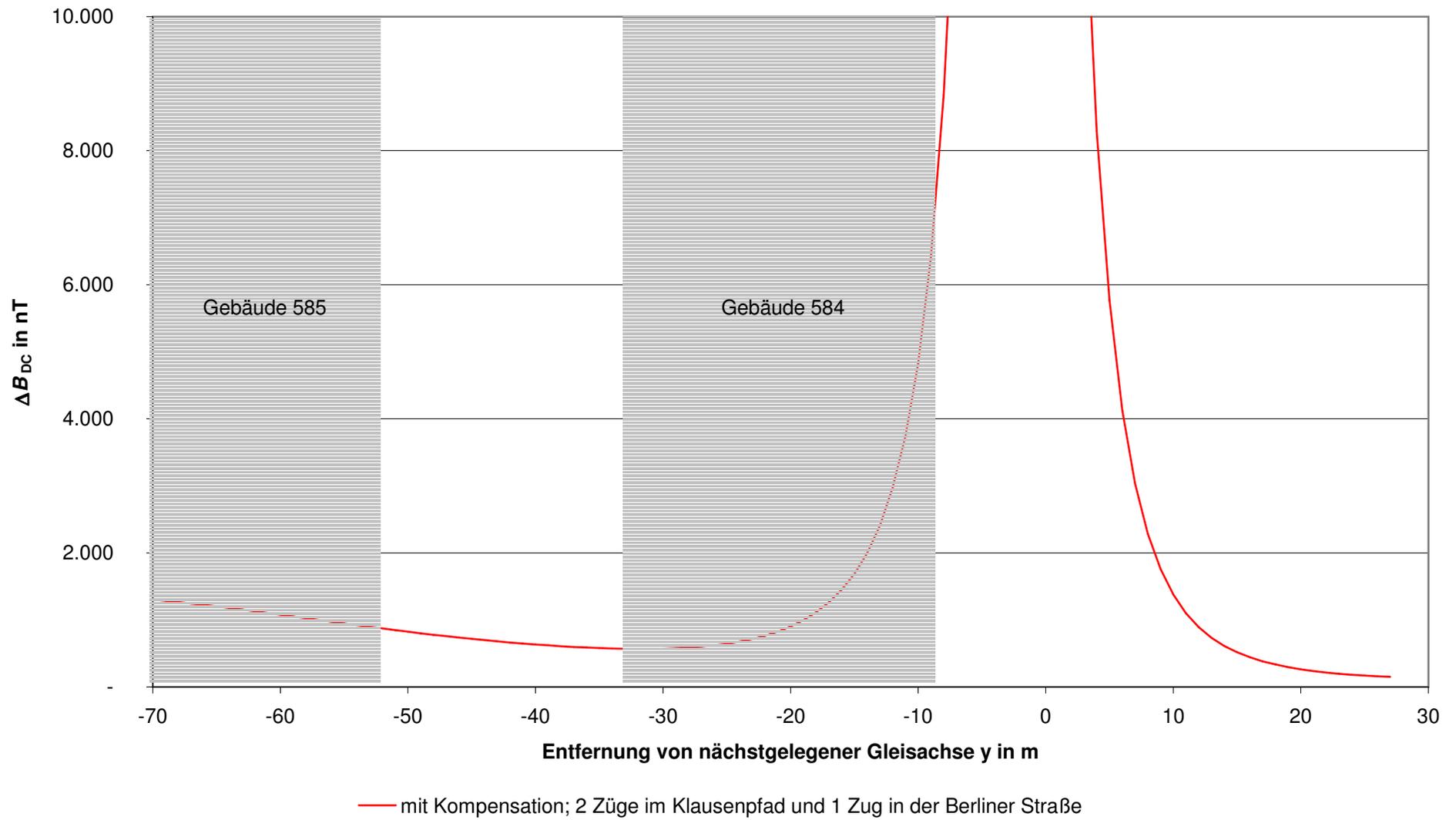


Diagramm 7: Magnetische Gleichfeldänderung, Klausenpfad, Heidelberg, Juli 2005