

- Nachrichtlich -

**Beeinflussbarkeit wissenschaftlicher Geräte durch eine
Straßenbahntrasse auf dem Campus Lichtwiese in Darmstadt**

**Nachberechnung unter Berücksichtigung der neuen
Streckenführung**

erstellt durch

Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Steinbeis Transfer GmbH, Stuttgart

Leiter des Steinbeis Forschungszentrum Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
Winckelmannstr. 50
01728 Bannewitz

Stand 29.10.2016

Inhalt

1	Einführung.....	3
1.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	3
2	Grundlagen und Rahmenbedingungen der Begutachtung	4
2.1	Geräteangaben.....	4
2.2	Allgemeine Maßnahmen.....	5
2.3	Spezifische Maßnahmen	6
2.4	Exemplarische Darstellung einer EM-Verträglichkeitsprüfung	6
3	Bewertung der EMV.....	8
3.1	Gebäude L2/01, Fachbereich Material- und Geowissenschaften	8
3.2	Gebäude L2/02, Fachbereich Chemie	11
3.3	Gebäude L2/04, Fachbereich Chemie	11
3.4	Gebäude L2/06, Center of Smart Interfaces (CSI)	12
3.5	Reduktion der z-Komponente des Magnetfeldes	12
4	Quellenangaben.....	13

1 Einführung

Die HEAG mobilo GmbH plant für die Stadt Darmstadt die Errichtung einer neuen Straßenbahntrasse im Universitätsgebiet Lichtwiese.

Im Gutachten vom 15.01.2013, [2], wurden die Rahmenbedingungen hinsichtlich der EMV dargestellt. In dieser Ergänzung ist die Nachberechnung auf der Grundlage der aktuell geplanten Streckenführung mit teilweiser magnetfeldoptimierter Trasse dargestellt. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird das ursprünglichen Gutachten als Grundlage dieser Nachberechnung verwendet.

1.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei einem Straßenbahnbetrieb im Campus Lichtwiese in Darmstadt mit Stromentnahme aus der Oberleitung kann nicht von einem gleichbleibendem Immissionsniveau an technischen Anlagen ausgegangen werden. Entsprechend der Angaben der Institute wird davon ausgegangen, dass keine Beeinträchtigungen auftreten, wenn nach Verwirklichung der Straßenbahntrasse die Zusatzbelastung, d. h. die maximale Gleichfeldänderung, im Rahmen der von den Instituten angegebenen Toleranzwerte liegt.

In diesem Dokument wurde die geplante Trassenvariante bewertet. Dabei wurde von der Ausführung der Strecke in magnetfeldoptimierter Variante ab Mast 27 bis einschließlich Wendeschleife ausgegangen. Diese Variante bietet zudem die Sicherheit, dass auch bei möglichen Abweichungen von den prognostizierten Feldstärken¹ die EMV durch zusätzliche aktive Kompensationsanlagen an Geräten sichergestellt werden kann.

Durch die magnetfeldoptimierte Trassenausführung und unter der Verwendung aktiver Magnetfeldkompensation an ausgewählten Geräten kann die Beeinflussung sensibler Technik im Umfeld der Straßenbahntrasse verhindert werden.

¹ z.B. aufgrund von zum jetzigen Zeitpunkt nicht einzuschätzenden Einflussfaktoren

2 Grundlagen und Rahmenbedingungen der Begutachtung

Für das Gutachten wurden folgende Randbedingungen angenommen:

- Standard Regelfahrdrahthöhe ist 5,5 m,
- Fahrleitung wird als Hochfahrkette mit 1,50 m Systemhöhe (maximaler Abstand zwischen Fahrdraht und Tragseil; Querschnitte: 120 mm² Fahrdraht, 50 mm² Tragseil) ausgeführt,
- Abstand der Oberleitungsmasten entspricht der Planung L2_S-00002-LP-3-B, Stand 28.06.2016,
- im kompensierten Speiseabschnitt beträgt die maximale Stromaufnahme 2400 A, d.h. es können 2-3 Bahnen mit maximaler Stromaufnahme fahren,
- einseitige Speisung des Oberleitungsabschnittes zwischen Campus Lichtwiese und UW.

Zur Erstellung des Gutachtens wurden folgende Planungsunterlagen verwendet:

- Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Lageplan Blatt 2 (Maßstab 1:500, Stand 28.06.2016), [1]

Es wurde die geplante Trassenführung nachbegutachtet, die von einer Trasse nördlich der Mensa und einer Wendeschleife nördlich des Hörsaal- und Medienzentrums ausgeht (Abbildung 1).

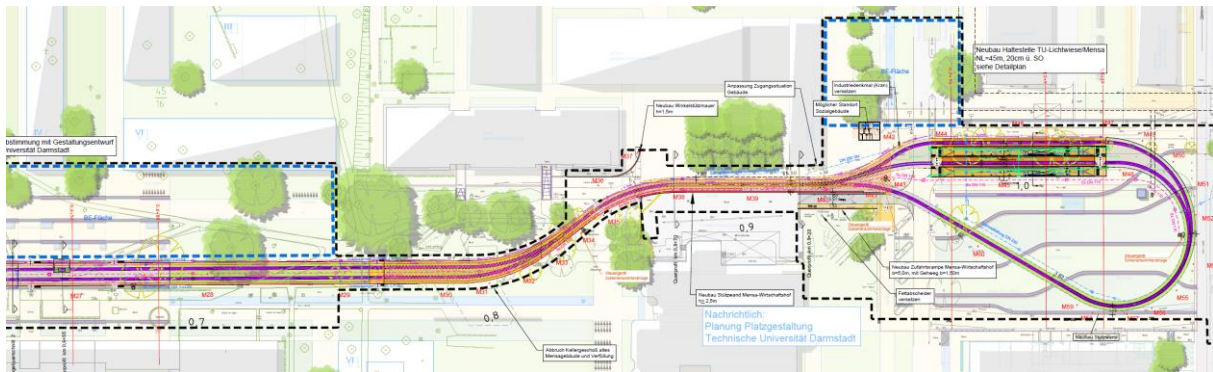


Abbildung 1 Trassenführung, Quelle Unterlagennummer L2_S-00002-LP-3-B

2.1 Geräteangaben

Für das neu geplante Großgerät (Rasterelektronenmikroskop Zeiss, EVO) wurde in einem Gespräch am 06.09.2016 bereits angemerkt, dass die Installation an dem geplanten Standort im Gebäude 3501 (L5|01) nicht möglich ist. Als alternative Aufstellungsorte wurden die Gebäude L5/05 und L5/04 vorgeschlagen.

Die Empfindlichkeit des Gerätes für die horizontale Änderung des Gleichfeldes beträgt 300 nT Spitze-Spitze. Bei der besprochenen Ausführung der Strecke sind im Gebäude L5/05 (Abstand von der Trasse ca. 115 m) ca. 100 nT und im Gebäude L5/04 (Abstand von der Trasse ca. 145 m) ca. 50 nT Streufelder durch die Straßenbahn zu erwarten.

Die Nachbegutachtung erfolgte nur für die bereits im ursprünglichen Gutachten von 2013 aufgeführten Geräte. Es wurde nur die Empfindlichkeit gegenüber Gleichfeldänderungen des Magnetfelds betrachtet. Die entsprechenden Geräte sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tabelle 1 **Geräteliste Material- und Geowissenschaften**

Gebäude	Standort	geplanter Standort	Gerät	Institut	Empfindlichkeitsgrenzen ΔB
L2/01	054		REM JSM-6300F Jeol	Elektronische Materialeigenschaften	100nT/50Hz
L2/01	061		JEM 3010	Geomaterialwissenschaft	100nT
L2/01	067		JEM 2100F	Geomaterialwissenschaft	100nT
L2/01	068		JEOL ARM 200F	Geomaterialwissenschaft	20nT
L2/01	072		FEI CM20	Geomaterialwissenschaft	0,18A/m=0,2 μ T
L2/01	9		JEOL JSM 7600F	Geomaterialwissenschaft	30nT / (0,015 μ T/min)
L2/01	20		JEOL JIB 4600F	Geomaterialwissenschaft	30nT / (0,015 μ T/min)
L2/01	062		HREM XL30 FEI	Dünne Schichten	300nT/ 50Hz sonst 100nT
L2/01	073		FEI ESEM Quanta 200FEG	Umweltmineralogie	50nT
L2/01	063-064		DAISY-SOL	Oberflächenforschung	300nT /AC, 100 μ T/DC
L2/01	18		DAISY-BAT	Oberflächenforschung	300nT /AC, 100 μ T/DC
L2/01	165		DAISY-MAT	Oberflächenforschung	300nT /AC, 100 μ T/DC
L2/01	167		STM/AFM Asylum Research	Oberflächenforschung	50nT angenommen
L2/01	169		DAISY-FUN	Oberflächenforschung	300nT /AC, 100 μ T/DC
L2/01	169		UHV-STM/AFM - UHV Scanning Tunneling Microscope	Oberflächenforschung	50nT angenommen

Tabelle 2 **Geräteliste Fachbereich Chemie**

Gebäude	Standort	geplanter Standort	Gerät	Institut	Empfindlichkeitsgrenzen ΔB
L2/04	F204		Röntgen-Photoelektronen-Spektrometer	Physikalische Chemie	300nT /AC, 100 μ T/DC
L2/04	F206		Röntgen-Photoelektronen-Spektrometer SSX-100	Physikalische Chemie	300nT /AC, 100 μ T/DC
L2/04	201	E02.001	Rastertunnel-/Rasterkraftmikroskop	Physikalische Chemie	50nT angenommen
L2/04	-	E03.401	Elektronenmikroskop (TEM)/Rasterkraft-Mikroskop	Makromolekulare Chemie	50nT angenommen
L2/02	235	A.00.039	NMR-Spektrometer	Zentrale NMR-Analytik:	50nT angenommen
L2/02	239	A.00.045	NMR-Spektrometer	Zentrale NMR-Analytik:	50nT angenommen
L2/02	240	A.00.050	NMR-Spektrometer	Zentrale NMR-Analytik:	50nT angenommen
L2/02	241	A.00.055	NMR-Spektrometer	Zentrale NMR-Analytik:	50nT angenommen

Tabelle 3 **Geräteliste Center of Smart Interfaces**

Gebäude	Standort	geplanter Standort	Gerät	Institut	Empfindlichkeitsgrenzen ΔB
CSI	R14		Rasterkraftmikroskop, MFP 3D ASYLUM Research	Centre of Smart Interfaces	50nT angenommen

2.2 Allgemeine Maßnahmen

Allgemeine, zur Sicherstellung der EMV umsetzungsbedürftige Maßnahmen sind im Folgenden zusammengestellt:

1. Die elektrische Speisung für die neue Trasse im Campus Lichtwiese ist gesondert auszuführen.
2. Durch die Ausschreibung eines geringen Ableitungsbelags je Gleis von $G' = 0,5 \text{ S} \cdot \text{km}^{-1}$ ab Mast 27, einschließlich des messtechnischen Nachweises, wird sichergestellt, dass nur geringe Streuströme auftreten. Für die Prognose der Gleichfeldänderungen werden Streuströme daher vernachlässigt. Treten diese auf, so werden sich insbesondere die vertikalen Komponenten der magnetischen Flussdichte erhöhen. Durch diese Maßnahme werden auch Ausgleichsströme zwischen verschiedenen Streckenabschnitten über das Erdreich verhindert, welche im Gutachten nicht berücksichtigt werden.
3. Es muss sichergestellt werden, dass keine Rückspeisung des Stromes beim Bremsen des Fahrzeuges erfolgt.
4. Für die Prognose der Gleichfeldänderungen wird von einer kompensierten Straßenbahnstrecke ab Mast M27 bis zum Mast M60 in Richtung Endhaltestelle mit den im Plan aufgeführten Mastabständen (entspricht den Kompensationsabschnitten) ausgegangen.
5. Es wird angenommen, dass die Oberleitung und die Gleise der Gleisschleife beidseitig leitend am Übergang zum eingleisigen Abschnitt verbunden ist. Dadurch ergeben sich höhere Anteile der z-Komponente in Vergleich zum Ausgangsgutachten.

Für die Bewertung der EMV wird davon ausgegangen, dass die oben genannten Maßnahmen umgesetzt sind.

2.3 Spezifische Maßnahmen

Es werden unterschiedliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Verträglichkeit der Geräte umgesetzt. Am Emissionsort sind dies insbesondere:

1. Verwendung einer Leiteranordnung, die zu einer gewissen Kompensation des Feldes führt, [3]. Diese beinhaltet eine Kompensationsleitung in der Mitte der Gleisachse, aus der der Fahrdrat an jedem Mast gespeist wird. Die Kompensationsleitung (Cu) hat einen Querschnitt von 800 mm^2 bei einer Verlegetiefe von 0,825 m.
2. Begrenzung des Rückstroms über das Erdreich ist durch einen geringen Ableitungsbelag der Gleise gesichert.

Als Reduktionsmaßnahme am Emissionsort wird ausschließlich die magnetfeldkompensierte Trasse betrachtet, die im Gutachten folgendermaßen bezeichnet ist:

- ME1 : Magnetfeldkompensierte Trasse entsprechend der geplanten Mastabschnitte. Diese Maßnahme wird kurz als **Kompensation ab Mast 27** bezeichnet. Es werden absolute Werte der maximalen Gleichfeldänderung in nT angegeben.

Am Immissionsort kann die aktive Kompensation des Magnetfeldes zur Sicherstellung der EMV verwendet werden:

1. Für Geräte wie Elektronenmikroskope können aktive Kompensationsmaßnahmen vorgesehen werden. So lässt sich z.B. mit der Anlage MACOM II® von Müller-BBM laut Datenblatt [4] im Frequenzbereich 0 Hz - 1 kHz eine Feldreduktionswirkung > 60 dB (Faktor 1000) - Best Case Annahme - erzielen. Im Gutachten wird von einem abstandsabhängigen Reduktionsfaktor ausgegangen. Dabei wird berücksichtigt, dass das Gerät aufgrund der Spulengröße starke, inhomogene Felder in dem zu schützenden Volumen schlechter kompensiert als niedrige, homogene Felder. Da die Feldstärke und die Homogenität vom Abstand zur und dem Aufbau der Straßenbahntrasse abhängt, ist für große Abstände eine gute Reduktion von externen Störfeldern zu erzielen. Die genauen Reduktionsfaktoren lassen sich im Vorfeld nur durch numerische Feldberechnung berechnen. Für das Gutachten können nur grobe Reduktionsfaktoren (Worst Case) angenommen werden. Sollte die sich daraus ergebende Bewertung nachteilig für den Vorhabensträger sein, so sind konkrete Berechnungen für die betroffenen Gerätestandorte bei einem möglichen Lieferanten einer Kompensationsanlage (z.B. Müller-BBM) in Auftrag zu geben. Folgende Reduktionsfaktoren werden für das Gutachten angenommen:

a) Trasse in kompensierter Ausführung:

- bis 45 m Abstand von der Strecke 1/2
- ab 45 m Abstand von der Strecke 1/10

Als Maßnahme am Immissionsort wird ausschließlich die aktive Kompensation der Geräte betrachtet. Die Reduktionsmaßnahme ist im Gutachten folgendermaßen bezeichnet:

- MI1 : Aktive Kompensation durch Kompensationsanlage am Gerätestandort. Diese Maßnahme wird kurz als **aktive Kompensation** bezeichnet. Es werden relative Werte der Reduktionswirkung für Gleichfeldänderung angegeben, d. h. ein Faktor von z.B. 1/10, mit dem der Wert ohne aktive Kompensation zu multiplizieren ist.

2.4 Exemplarische Darstellung einer EM-Verträglichkeitsprüfung

Die Begutachtung der EMV für die einzelnen Geräte basiert auf den jeweiligen Angaben der Institute, insbesondere auf den mitgeteilten Toleranzwerten. Die für die Bewertung notwendigen Informationen sind tabellarisch zusammengefasst. Anhand Tabelle 4 wird dies exemplarisch für das Beispielgerät A dargestellt.

Tabelle 4 Beispieltabelle zur Bewertung der EMV von Geräten

Gerät Raum Abstand zur Petersenstraße Geschoss	Gerät A			
	x m Erdgeschoss			
Toleranzwerte in nT Datenangaben	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
	Bx	By	Bh	Bz
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	129	153	200	78
MI1 aktive Kompensation, Reduktionsfaktor	1/5	1/5	1/5	1/5
M Summe in nT	26	31	40	16

Die erste Zeile enthält Angaben über den Abstand des jeweiligen Gerätes von der Petersenstraße sowie zu dem Geschoss, in welchem das Gerät installiert ist. Der Abstand zwischen Trasse und Gerätestandort ergibt sich insgesamt aus der Summe des Abstands zwischen Gerät und Petersenstraße sowie des Abstandes der Petersenstraße zur Trasse (auf Höhe der Geräte).

Anschließend ist für das jeweilige Gerät die Toleranzgrenze entsprechend der Datenblattangaben (Herstellerangaben) bzw. den Angaben des Betreibers für die einzelnen Raumrichtungen der magnetischen Induktion aufgeführt. Handelt es sich um ein Gerät, für das der horizontale Anteil spezifiziert ist (Elektronenmikroskop), so ist zusätzlich die Spalte "horizontal" enthalten.

Anschließend werden die analytisch prognostizierten Werte der Gleichfeldänderung bei der geplanten Ausführung ME1 dargestellt. Sollten die Werte oberhalb der Toleranzgrenze liegen, wird zusätzlich die Maßnahme MI1, aktive Kompensation vorgeschlagen und in der letzten Zeile die erwartete Emission zusammengefasst.

Sind die Werte kleiner als die Toleranzgrenze, so wird dieser Umstand durch eine grüne farbliche Kennzeichnung besonders hervorgehoben.

3 Bewertung der EMV

Entsprechend Abbildung 1 führt die Trasse nördlich der Mensa vorbei. Die Wendeschleife ist nördlich des Hörsaal- und Medienzentrums angeordnet. Die EMV der Geräte ist in den folgenden Abschnitten bewertet.

3.1 Gebäude L2/01, Fachbereich Material- und Geowissenschaften

In dem Gebäude L2/01 werden verschiedene wissenschaftliche Geräte betrieben. Die Bewertung der EMV Situation ist in Tabelle 5 bis Tabelle 14 zusammengefasst.

Tabelle 5 Bewertung der EMV für die AG Elektronische Materialeigenschaften, AK Prof. Seggern

Gerät	REM JSM-6300F Jeol			
Raum	054			
Abstand zur Petersenstraße	47 m			
Geschoss	1.UG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	30	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	14	18	23	66
M Summe in nT	14	18	23	66

Tabelle 6 Bewertung der EMV für die AG Geomaterialwissenschaft, AK Prof. Kleebe

Gerät	JEM 3010				JEM 2100F			
Raum	061				067			
Abstand zur Petersenstraße	25 m				47 m			
Geschoss	1. UG				1. UG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung				Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	100	100	-	-	100	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung								
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	23	28	36	102	14	19	24	67
MI1 aktive Kompensation, Reduktionsfaktor	1/10	1/10	1/10	1/10				
M Summe in nT	2	3	4	10	14	19	24	67

Tabelle 7 Bewertung der EMV für die AG Geomaterialwissenschaft, AK Prof. Kleebe

Gerät	ARM200F				FEI CM20			
Raum	068				072			
Abstand zur Petersenstraße	51 m				65 m			
Geschoss	1. UG				1. UG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung				Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	20	100	-	-	200	200
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung								
Variante 1								
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	13	18	22	62	10	14	17	49
MI1 aktive Kompensation, Reduktionsfaktor	1/10	1/10	1/10	1/10				
M Summe in nT	1	2	2	6	10	14	17	49

Tabelle 8 Bewertung der EMV für die AG Geomaterialwissenschaft, AK Prof. Kleebe

Gerät	JEOL JSM 7600F				JEOL JIB 4600F			
Raum	9				20			
Abstand zur Petersenstraße	104 m				75 m			
Geschoss	EG				EG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung				Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	30	100	-	-	30	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung								
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	6	8	10	28	9	13	16	42
M Summe in nT	6	8	10	28	9	13	16	42

Tabelle 9 Bewertung der EMV für die AG Dünne Schichten, Prof. Alff

Gerät	HREM XL30 FEI			
Raum	062			
Abstand zur geplanten Trasse	29 m			
Geschoss	1. UG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	100	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	21	26	33	94
M Summe in nT	21	26	33	94

Tabelle 10 Bewertung der EMV für die AG Umweltmineralogie, Prof. Weinbruch

Gerät	FEI ESEM Quanta 200FEG			
Raum	073			
Abstand zur Petersenstraße	69 m			
Geschoss	1.UG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	50	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	10	13	16	46
M Summe in nT	10	13	16	46

Tabelle 11 Bewertung der EMV für die AG Oberflächenforschung, AK Prof. Jaegermann

Gerät	DAISY-SOL			
Raum	063-064			
Abstand zur Petersenstraße	34 m			
Geschoss	1.UG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	300	300
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	19	24	31	85
M Summe in nT	19	24	31	85

Tabelle 12 Bewertung der EMV für die AG Oberflächenforschung, AK Prof. Jaegermann

Gerät	DAISY-BAT			
Raum	18			
Abstand zur Petersenstraße	60 m			
Geschoss	EG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	300	300
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	11	15	19	54
M Summe in nT	11	15	19	54

Tabelle 13 Bewertung der EMV für die AG Oberflächenforschung, AK Prof. Jaegermann

Gerät	DAISY-MAT				STM/AFM Asylum Research			
Raum	165				167			
Abstand zur Petersenstraße	39 m				46 m			
Geschoss	1. OG				1. OG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung				Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	300	300	-	-	50	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung								
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	17	26	31	77	15	23	27	68
M Summe in nT	17	26	31	77	15	23	27	68

Tabelle 14 Bewertung der EMV für die AG Oberflächenforschung, AK Prof. Jaegermann

Gerät	DAISY-FUN				UHV-STM/AFM			
Raum	169				169			
Abstand zur Petersenstraße	53 m				53 m			
Geschoss	1. OG				1. OG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung				Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	300	300	-	-	50	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung								
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	13	20	24	60	13	20	24	60
M Summe in nT	13	20	24	60	13	20	24	60

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 2 genannten Bedingungen wird festgestellt, dass die EMV bei der vorgeschlagenen Trassenvariante für jedes Gerät sichergestellt werden kann.

In der Ausführung als kompensierte Trasse sind nur an zwei Geräten aktive Kompensationsmaßnahmen erforderlich, wobei an dem Gerät ARM 200F bereits eine Kompensationsanlage installiert ist. Auch wenn aufgrund von Prognoseunsicherheiten später unerwartet EMV-Probleme auftreten, lässt sich die EMV in jedem Fall durch die Installation einer aktiven Kompensationsanlage sicherstellen.

3.2 Gebäude L2/02, Fachbereich Chemie

In dem Gebäude L2/02 ist der Bereich zentrale NMR-Analytik angeordnet. Nur die beiden der Straßenbahntrasse am nächsten angeordneten Geräte werden betrachtet. Die Bewertung der EMV Situation ist in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 15 Bewertung der EMV für die Zentrale NMR-Analytik

Gerät Raum Abstand zur Petersenstraße Geschoss	NMR A.00.039 75 m EG			NMR A.00.045 82 m EG		
Toleranzwerte in nT Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	Raumrichtung			Raumrichtung		
	x	y	z	x	y	z
	-	-	50	-	-	50
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung						
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	5	15	41	5	13	37
M Summe in nT	5	15	41	5	13	37

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 2 genannten Bedingungen wird festgestellt, dass die EMV bei der vorgeschlagenen Trassenvariante für jedes Gerät sichergestellt werden kann.

3.3 Gebäude L2/04, Fachbereich Chemie

In dem Gebäude L2/04 werden verschiedene wissenschaftliche Geräte betrieben. Die Bewertung der EMV Situation ist für die einzelnen Arbeitsgruppen in Tabelle 16 bis Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 16 Bewertung der EMV für die AG Makromolekulare Chemie, AK Prof. Rehahn/Prof. Biesalski

Gerät Raum Abstand zur Petersenstraße Geschoss	Elektronenmikroskop (TEM) E03.401 70 m 3.OG			
Toleranzwerte in nT Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
	-	-	50	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	7	12	14	26
M Summe in nT	7	12	14	26

Tabelle 17 Bewertung der EMV für die AG Physikalische Chemie, AK Prof. Schäfer

Gerät Raum Abstand zur Petersenstraße Geschoss	Rastertunnel-/Rasterkraftmikroskop E02.001 70 m 2. OG			
Toleranzwerte in nT Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
	-	-	50	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	7	12	14	26
M Summe in nT	7	12	14	26

Tabelle 18 Bewertung der EMV für die AG Physikalische Chemie, AK Prof. Hess

Gerät	Röntgen-Photoelektronen-Spektrometer				Röntgen-Photoelektronen-Spektrometer			
Raum	F204				F206			
Abstand zur Petersenstraße	20 m				20 m			
Geschoss	2. OG				2. OG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung				Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	300	300	-	-	300	300
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung								
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	16	22	27	46	16	22	27	46
M Summe in nT	16	22	27	46	16	22	27	46

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 2 genannten Bedingungen wird festgestellt, dass die EMV bei der vorgeschlagenen Trassenvariante für jedes Gerät sichergestellt werden kann.

3.4 Gebäude L2/06, Center of Smart Interfaces (CSI)

In dem Gebäude CSI werden verschiedene wissenschaftliche Geräte betrieben, wobei nur ein Gerät für die EMV-Bewertung relevant ist.

Tabelle 19 Bewertung der EMV für das Gebäude CSI

Gerät	Rasterkraftmikroskop, mag. Sonde			
Raum	R14			
Abstand zur Petersenstraße	40 m			
Geschoss	EG			
Toleranzwerte in nT	Raumrichtung			
	x	y	horizontal	z
Empfindlichkeitsangaben ΔB in nT	-	-	100	100
Zusatzbelastung bei geplanter Ausführung				
ME1 Kompensation ab Mast 27, nT	11	16	19	24
M Summe in nT	11	16	19	24

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 2 genannten Bedingungen wird festgestellt, dass die EMV bei der vorgeschlagenen Trassenvariante für jedes Gerät sichergestellt werden kann.

3.5 Reduktion der z-Komponente des Magnetfeldes

Durch die elektrisch leitende Verbindung der ringförmig geführten Oberleitung und Bahnschienen im Bereich der Gleisschleife kann sich der Strom nach dem eingleisigen Abschnitt auf beide Abzweige verteilen. Dadurch wird die z-Komponente der magnetischen Induktion im Vergleich zu einer Variante ohne elektrisch leitfähige Verbindung der beiden Streckenenden erhöht.

Die höhere z-Komponente wirkt sich lediglich an einem Gerät negativ aus. Sollte die Verbindung durch Einbau von Isolierstößen im Gleis und in der Oberleitung an einem Abzweig (z.B. M41) getrennt werden, führt dieses zur deutlichen Reduktion der z-Komponente der Gleichfeldänderung.

4 Quellenangaben

- [1] Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Lageplan Blatt 2 (Maßstab 1:500, L2_S-00002-LP-3-B, Stand 28.06.2016)
- [2] Beeinflussbarkeit wissenschaftlicher Geräte durch eine Straßenbahntrasse auf dem Campus Lichtwiese in Darmstadt, Gutachten Stand 15.01.2013
- [3] van Overbeeke, F; Gravendeel, B.; Schiedam; Kruit, P.; van der Sluis, L.: Verringerung von DC-Magnetfeldern bei Straßenbahnen. in Elektrische Bahnen, Oldenburg Industrieverlag, Heft 12 2009 S. 522-529
- [4] MACOMM II® Aktive Magnetfeldkompensationsanlage. Datenblatt Müller-BBM GmbH