

LANGER
EMV-Technik

IC TEST SYSTEM

Benutzerhandbuch
Probe Set

ESD-Magnetfeldeinkopplung

ESD Magnetfeldquelle
P1202-2



Copyright © September 2014
LANGER EMV-Technik GmbH

Betrieb nur in Verbindung mit BPS 203 möglich.

Inhalt:	Seite
1 ESD-Feldquelle für magnetisches Feld	3
1.1 Aufbau der Magnetfeldquelle P1202-2	5
1.2 Funktion der Magnetfeldquelle P1202-2	6
1.2.1 Ermittlung des Stromes i_p im Stromleiter der Feldquelle	7
1.2.2 Störmechanismus des Magnetfeldes B	9
1.2.3 Berechnung des Magnetfeldes B	10
1.2.4 Messung des Magnetfeldes B	11
1.2.5 Messung der Induktion dB/dt	12
1.2.6 Induktiver Koppelmechanismus der Feldquelle P1202-2 zum Test IC	20
1.2.7 Stromeinkopplung in den IC	21
1.2.8 Spannungseinkopplung in den IC	22
1.2.9 E-Feldunterdrückung der ESD-Magnetfeldquellen	24
1.3 Aufbau des Prüfplatzes / Systemaufbau	25
1.4 Durchführung der Prüfung	27
1.4.1 Prüfablauf	28
1.4.2 Überprüfung der Kurvenform des Prüfimpulses	28
2 Sicherheitshinweise	29
3 Gewährleistung	30
4 Technische Daten	30
4.1 Eigenschaften der Magnetfeldquelle P1202-2	31
4.1.1 Magnetfeldquelle P1202-2, Probekontanten	31
4.1.2 Störgrößen der P1202-2 in Abhängigkeit von der Hochspannung U_p	31
4.1.3 Shunt 0,1 Ohm P1202-2	31
4.1.4 E-Feldunterdrückung P1202-2	31
5 Lieferumfang	32

1 ESD-Feldquelle für magnetisches Feld

Die Probe **P1202-2** ist eine Feldquelle. Sie erzeugt ESD-Magnetfeld. Die Feldquelle dient der definierten und reproduzierbaren ESD-Feldeinkopplung in IC-Gehäuse (**Bild 3**).

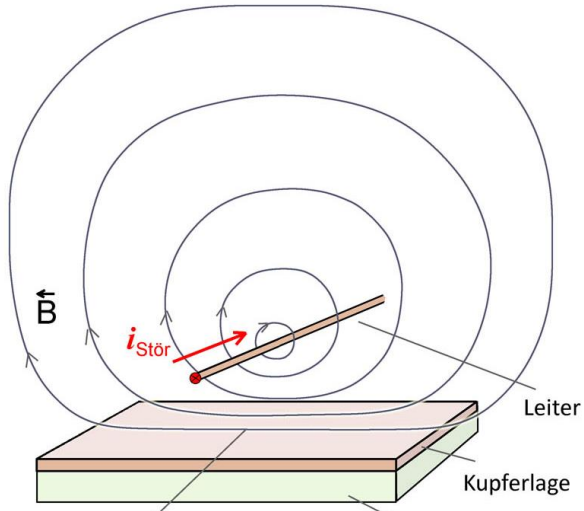
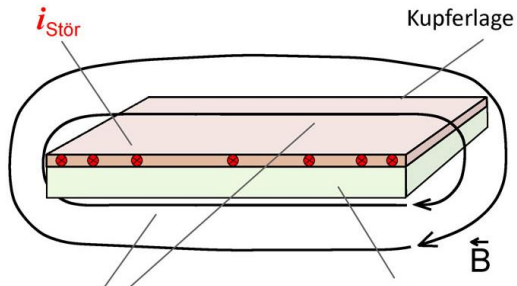
Praktischer Hintergrund ist die ESD-Störfestigkeit von elektronischen Baugruppen und Geräten. Diese werden einer ESD-Prüfung unterzogen (IEC 61000-4-2). Bei diesen Prüfungen wird der ESD-Generator auf den Prüfling entladen.

Bei einer ESD-Entladung entstehen elektrische und magnetische Felder. Diese Felder können den Prüfling und damit seine Elektronik durchdringen. Dabei wirken sie auf der Oberfläche von elektronischen Baugruppen und durchsetzen auch die Gehäuse von ICs. Dabei können Störvorgänge in den ICs erzeugt werden.

Die Beeinflussung der ICs über magnetische oder elektrische Felder ist ein wesentlicher Störweg neben den leitungsgebundenen Einkopplungen über die IC-Pins¹.

Die Dimensionierung der Feldquelle orientiert sich an den Einkoppelmechanismen von ESD (IEC 61000-4-2) über Felder in ICs. Die dabei vorkommenden Feldorientierungen sind Grundlage für den Aufbau der Feldquelle.

Entscheidend ist die Formung der Felder im Platzierungsraum der ICs auf der Baugruppe. Der Platzierungsraum ist der Raum der möglichen Anordnung des ICs auf der Oberfläche der Baugruppe. Das Feld in diesem Platzierungsraum wird im Wesentlichen vom inneren metallischen Aufbau (Layout) der Flachbaugruppe bestimmt. Im Allgemeinen besitzen Flachbaugruppen im Inneren durchgehende Kupferlagen. Die Felder werden durch die Kupferlagen der Flachbaugruppen geformt.

 <p>Feldlinien werden durch Skin-Effekt parallel zur Kupferlage ausgerichtet</p>	 <p>Feldlinien werden durch Skin-Effekt parallel zur Kupferlage ausgerichtet</p>
<p>Bild 1 Magnetfeldausbildung an Flachbaugruppen: Ein Leiter neben der Flachbaugruppe wird vom Störstrom $i_{\text{Stör}}$ eines ESD-Generators durchflossen und erzeugt ein Störmagnetfeld B. Die Metalllage (Kupferlage) richtet das Feld im Platzierungsraum parallel zur Oberfläche der Flachbaugruppe aus.</p>	<p>Bild 2 Magnetfeldausbildung an Flachbaugruppen: Die Flachbaugruppe wird vom Störstrom $i_{\text{Stör}}$ eines ESD-Generators durchflossen und erzeugt ein Störmagnetfeld B. Die Metalllage (Kupferlage) richtet das Feld im Platzierungsraum parallel zur Oberfläche der Flachbaugruppe aus.</p>

¹ Leitungsgebundene EFT/Burst Tests von ICs erfolgen mit den Probe-Familien P200 und P300 der Langer EMV-Technik GmbH

Magnetfelder werden durch den Feldverdrängungseffekt (zugehörig zum Skineffekt) parallel zur Flachbaugruppe ausgerichtet (**Bild 1** und **Bild 2**). Die ICs im Platzierungsraum sind diesen gerichteten Feldern ausgesetzt. Die Feldlinien sind parallel zum IC-Gehäuse orientiert. Diese Magnetfeldorientierung muss durch die Feldquellen nachgebildet werden (**Bild 5**).

Dagegen kommen orthogonal zum IC-Gehäuse orientierte Feldlinien nur in Spezialfällen vor. Diese orthogonalen Felder können mit den Feldquellen **BS 04DB-h** und **BS 05DB-h** aus „Set H3 - Burst Feldquellen für Generatoren nach Norm IEC 61000-4-4“ der Langer EMV-Technik GmbH erzeugt werden.

Elektrische Felder treten immer orthogonal aus metallischen Flächen aus. Daraus folgt, dass Kupferlagen in einer Flachbaugruppe ein orthogonal orientiertes Feld erzwingen. E-Feldquellen müssen dieses orthogonal zur Flachbaugruppe und zum Test-IC gerichtete Feld nachbilden. Lokal können Felder mit der Feldquelle **ES 05 D-h** („Set H3 - Burst Feldquellen für Generatoren nach Norm IEC 61000-4-4“ der Langer EMV-Technik GmbH) erzeugt werden.

Die Feldquelle **P1202-2** muss mit der Burst Power Station **BPS 203** betrieben werden. Die Burst Power Station **BPS 203** steuert und speist die Feldquelle P1202-2 (siehe 1.3 Aufbau des Prüfplatzes / Systemaufbau).

Der zeitliche Feldverlauf der Feldquelle entspricht dem zeitlichen Verlauf des Entladestromimpulses eines ESD-Generators. Der Verlauf des Entladestromimpulses ist in der Norm IEC 61000-4-2 festgelegt (**Bild 6**).

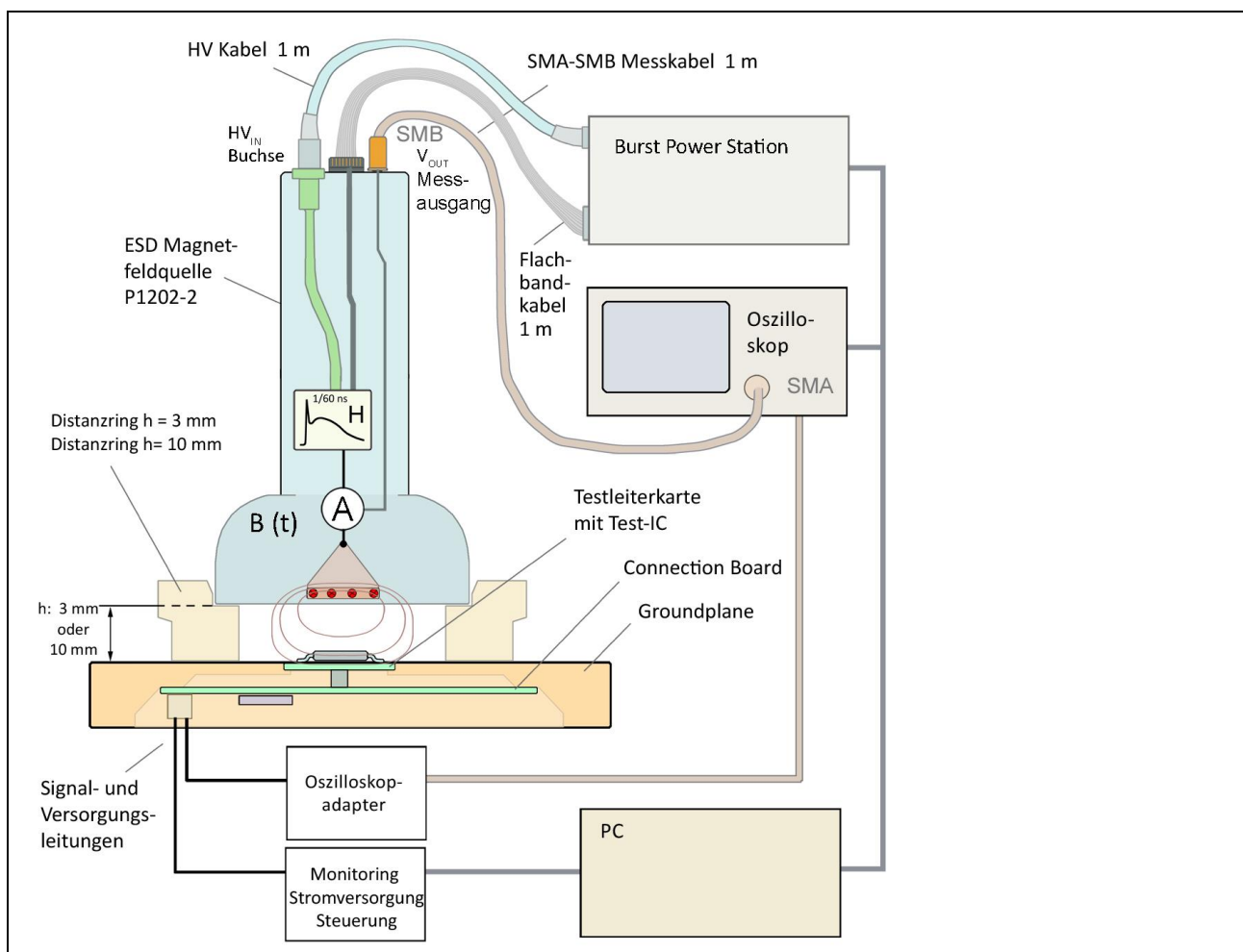


Bild 3 Prüfeinrichtung: Testumgebung ICE1² mit **P1202-2** und Messgeräten

² Groundadapter GNDA 02, Groundplane GND 25, Connection Board CB 0708 und Oszilloskop-Adapter OA 4005 sind in der IC-Testumgebung ICE1 enthalten. www.langer-emv.de Die Testleiterkarte ist in der „Anleitung IC-Test“ beschrieben, mail@langer-emv.de.

Die Prüfeinrichtung besteht aus der Feldquelle **P1202-2** des Probe Sets, der Testumgebung ICE1 und Messgeräten.

1.1 Aufbau der Magnetfeldquelle P1202-2

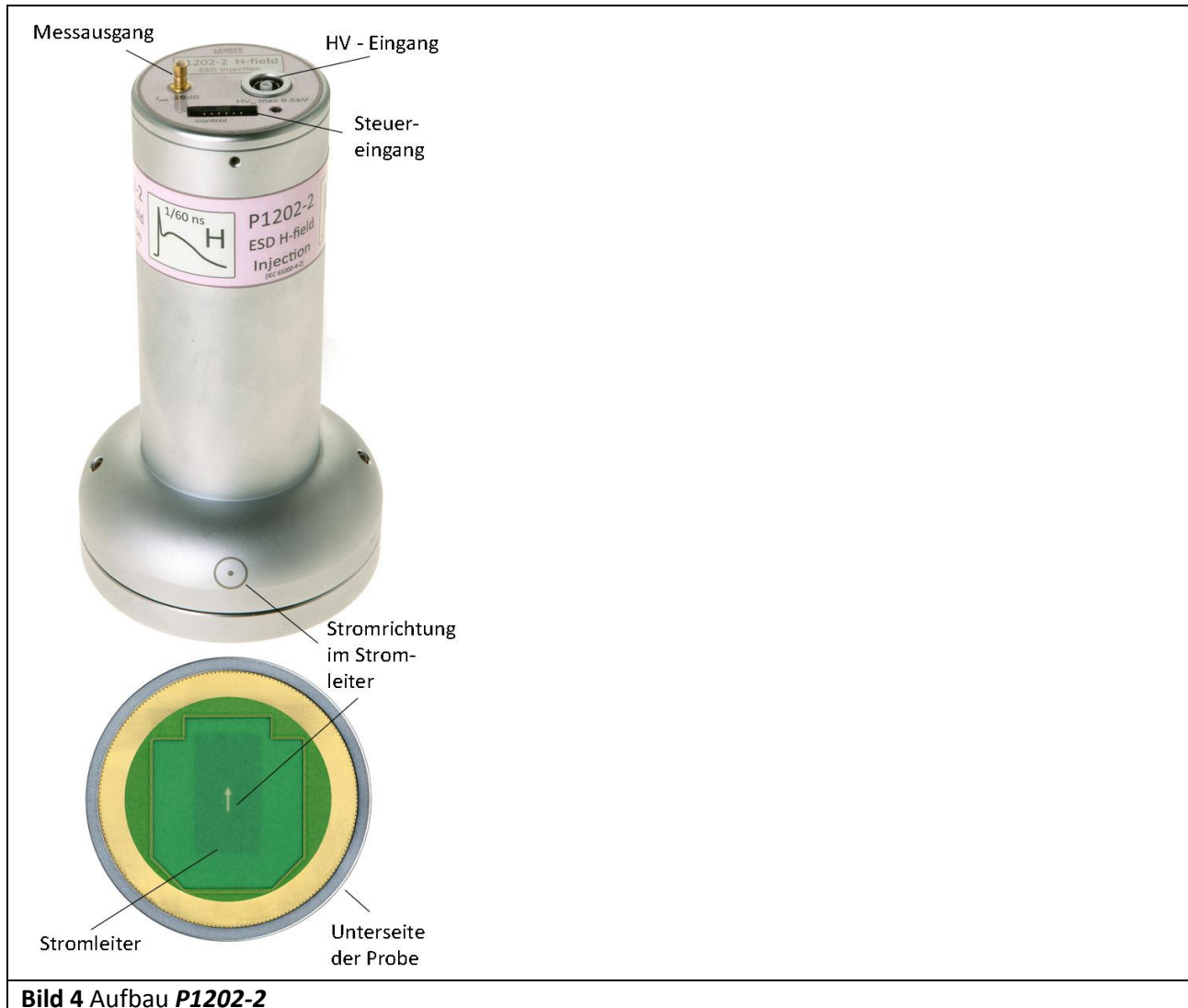


Bild 4 Aufbau **P1202-2**

An der Oberseite besitzt die Feldquelle einen HV-Eingang (Fischer-Buchse, D103A023) zum Anschluss eines HV-Kabels. Über dieses HV-Kabel wird die Hochspannung von der Burst Power Station **BPS 203** eingespeist. Der HV-Eingang ist im Inneren der Feldquelle mit der Pulsformerschaltung verbunden. Die Pulsformerschaltung erzeugt aus der Hochspannung den Entladestrom. Dieser Entladestrom entspricht im Zeitverlauf dem Entladestrom nach Norm IEC 61000-4-2 (**Bild 6**). Der Entladestrom der Pulsformerschaltung wird in den Stromleiter der Feldquelle eingespeist.

Der Stromleiter befindet sich am Boden der Feldquelle. Er erzeugt aus dem Entladestrom das ESD-Prüf-Magnetfeld. Es tritt an der Unterseite der Feldquelle aus. Im Stromleiter der Feldquelle befindet sich ein Shunt zum Messen des Entladestroms (i_p) (**Bild 5**).

Die Ausgangsspannung des Shunts steht am Messausgang der Feldquelle an. Der Messausgang ist in der Feldquelle mit 50Ω abgeschlossen. Das vom Stromleiter der Feldquelle erzeugte Magnetfeld wird von einer Feldkammer umschlossen. Die Feldkammer besteht aus der Unterseite der Feldquelle, dem Distanzring und der Groundplane. Der Test-IC befindet sich in der Feldkammer. Er ist auf der Testleiterkarte aufgebracht (**Bild 3**). Die Testleiterkarte ist in die Groundplane eingelassen.

Die Pulsformerschaltung wird über die Buchse „control“ (**Bild 5, Bild 3**) und dem Flachbandkabel mit der Burst Power Station **BPS 203** verbunden. Die Pulsformerschaltung wird über diese Verbindung von der Burst Power Station **BPS 203** gesteuert.

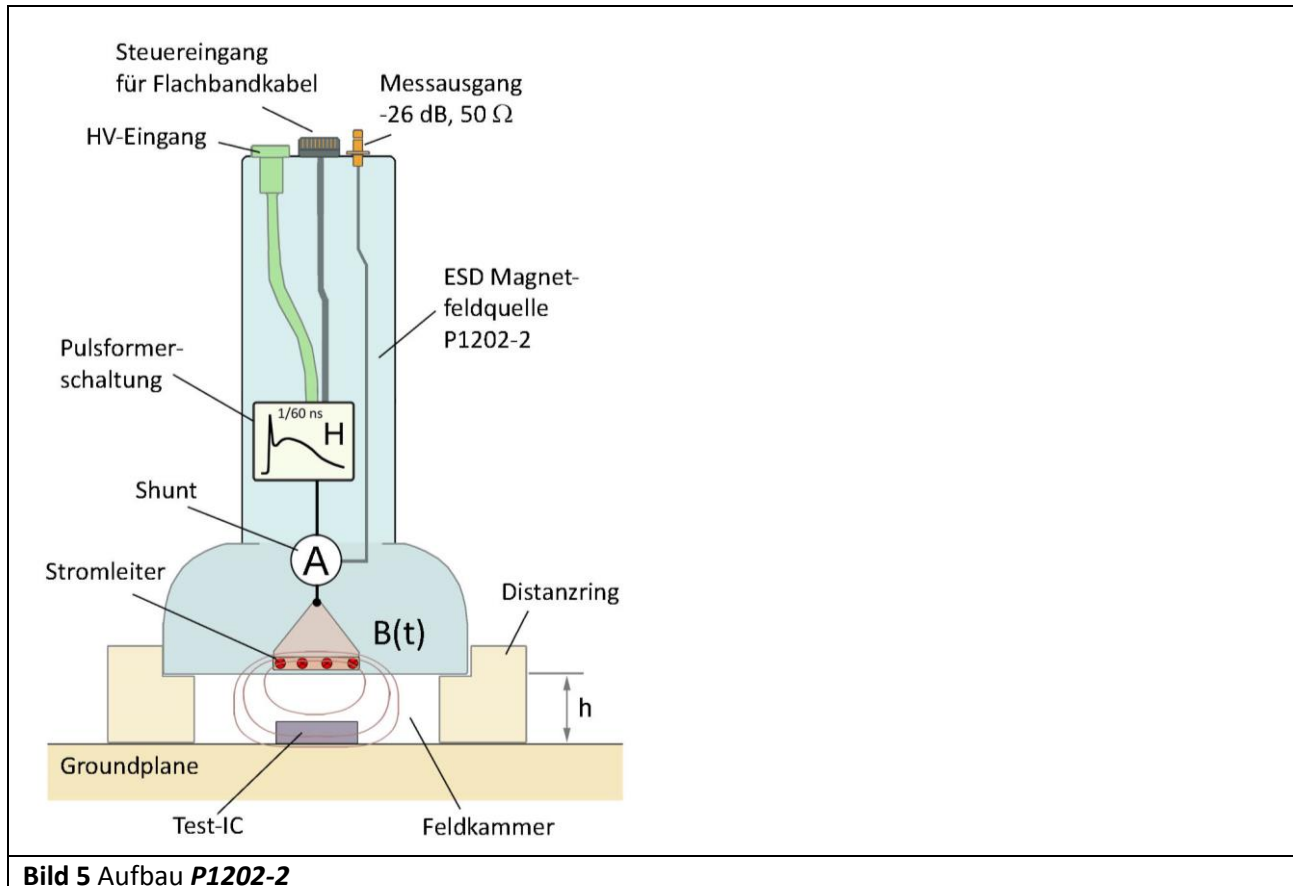


Bild 5 Aufbau **P1202-2**

1.2 Funktion der Magnetfeldquelle P1202-2

An den HV-Eingang wird über das HV-Kabel die Burst Power Station **BPS 203** angeschlossen (**Bild 3**). Der Stromweg des HV-Pfades führt von der Burst Power Station **BPS 203** über das HV-Kabel zum HV-Eingang. Vom HV-Eingang führt der Stromweg zur Pulsformerschaltung. Die Pulsformerschaltung erzeugt aus der Hochspannung den Entladestrom. Der zeitliche Verlauf des Entladestroms entspricht der Norm IEC 61000-4-2 (**Bild 6**). Zu beachten ist, dass der Entladestrom der Feldquelle **P1202-2** ist bei gleicher Hochspannung 10,5-mal höher als der in der Norm IEC 61000-4-2 angegebene Strom (**Tabelle 4**).

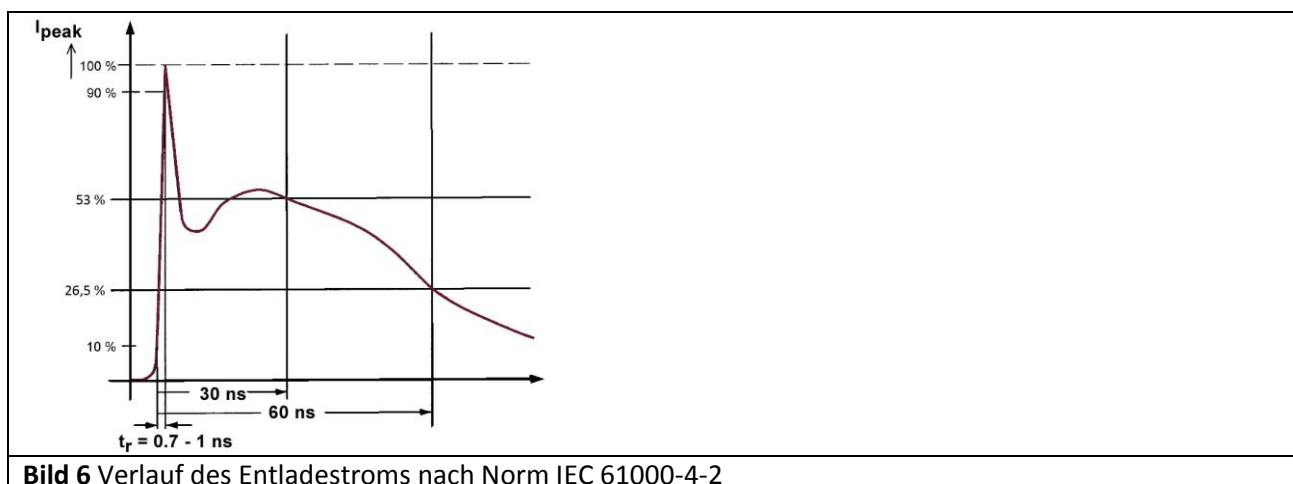


Bild 6 Verlauf des Entladestroms nach Norm IEC 61000-4-2

Der Entladestrom erzeugt in der Umgebung des Stromleiters das Magnetfeld B in der Feldkammer, mit dem der Test-IC getestet wird (**Bild 5**).

Die Stärke des Magnetfeldes und die induzierte Spannung im Test-IC lassen sich über folgende Wege ermitteln:

- **Tabelle 4** Störgrößen der Magnetfeldquelle **P1202-2** in Abhängigkeit von der Hochspannung U_p
- Berechnung des Probe-Strom I_p aus der Hochspannung U_p
- Messung des Stromes $i_p(t)$ am Shunt der Feldquelle **P1202-2**
- Berechnung der magnetischen Flussdichte im Bereich des Test-ICs aus dem Strom i_p und der Probekontanten K1 (**Tabelle 4**) der Feldquelle **P1202-2**
- Berechnung der induzierten Spannung U_{IC} im Test-IC aus dem Strom I_p und der Probekontanten K2 der Feldquelle (**Tabelle 3**)
- Berechnung der induzierten Spannung u_{IC} im Test-IC aus der Koppelinduktivität L_h vom Stromleiter zum Test-IC und aus di_p/dt
- Berechnung des in den IC übertragenen Stromes i_{IC} aus dem Probe-Strom i_p der Feldquelle **P1202-2** und der Probekontanten K3 (Koppelfaktor; siehe **Bild 22**)

1.2.1 Ermittlung des Stromes i_p im Stromleiter der Feldquelle

Der Probe-Strom i_p der Feldquelle wird zur Berechnung des Magnetfeldes benötigt. Es gibt zwei Wege den Strom i_p zu ermitteln.

1. Berechnung von I_p aus der eingestellten Hochspannung U_p

Die Parameter des Entladestroms (Erste Entladestromspitze, Strom bei 30 ns, Strom bei 60 ns) werden aus folgenden Gleichungen berechnet:

$$I_p = U_p \cdot K \quad (\text{Gl 1})$$

$K_{\text{Erste Entladestromspitze}}$	36 A/ kV
$K_{30\text{ns}}$	19,2 A/ kV
$K_{60\text{ns}}$	9,6 A/ kV

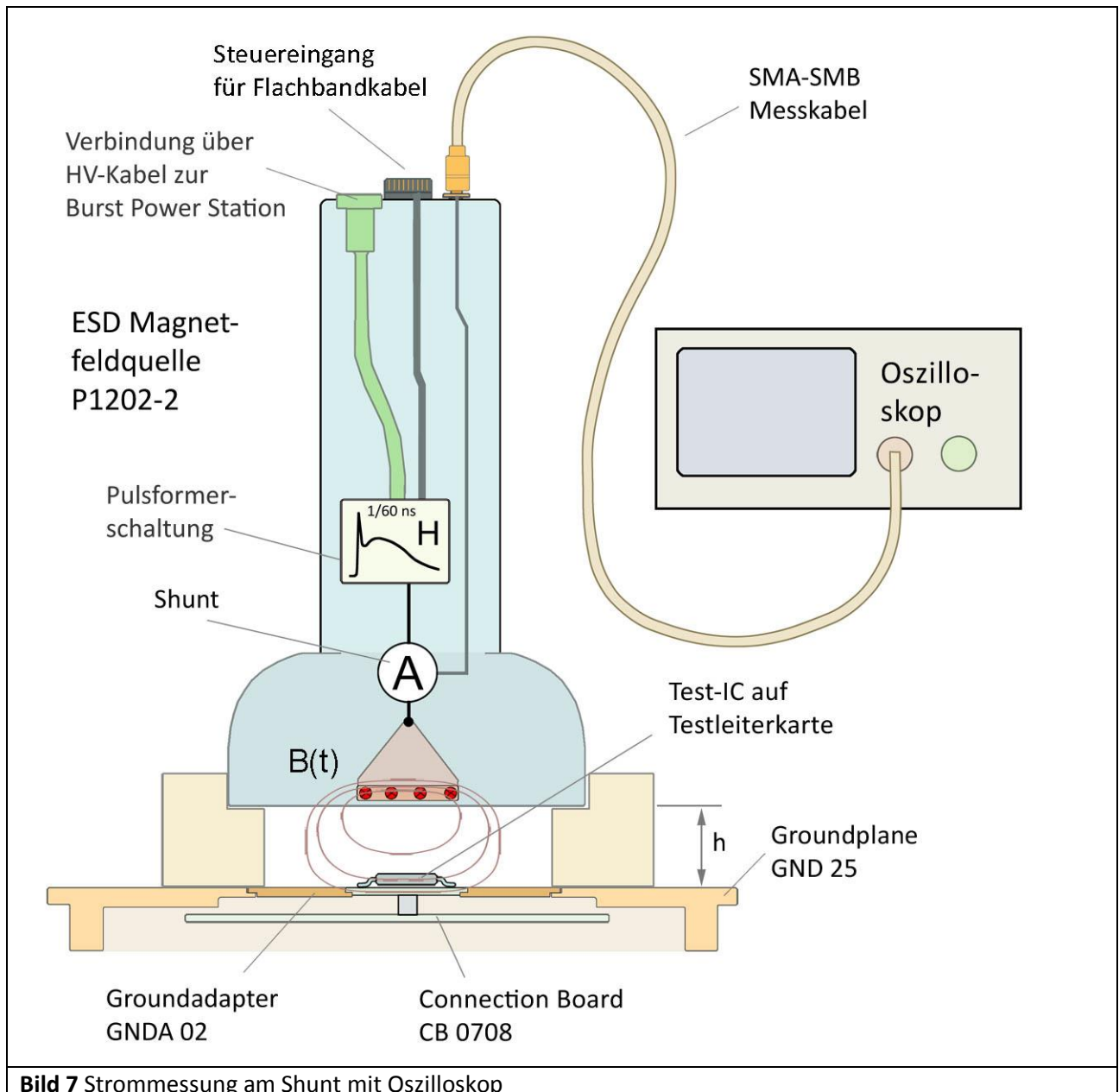
Tabelle 1 Stromkonstanten

Aus der Hochspannung U_p lässt sich der Strom I_p der Feldquelle **P1202-2** im Stromleiter mit der angegebenen Gleichung (Gl 1) und den Stromkonstanten (**Tabelle 1**) berechnen.

Der Stromverlauf i_p kann mit dem Shunt und einem Oszilloskop gemessen werden.

2. Messung des Stromes i_p

Der Strom i_p wird in der Feldquelle mit einem Shunt (0,1 Ohm) gemessen. Der Messausgang ist auf 50 Ohm angepasst. Um korrekte Messwerte zu erhalten, muss der Eingang des Oszilloskops auf 50 Ohm eingestellt werden. Der Messwert wird vom Messausgang der Feldquelle an ein Oszilloskop übertragen. Im Vertikalmenü des Oszilloskops wird der Attenuator auf 26 dB gestellt (x20). **Es ist darauf zu achten, dass das Messsignal die maximal zulässige Eingangsspannung des Oszilloskops nicht überschreitet.** Gegebenenfalls ist ein externer Attenuator zu verwenden.



Die Strommessung ist wesentlich genauer, als die Berechnung aus der eingestellten Spannung an der Burst Power Station **BPS 203**.

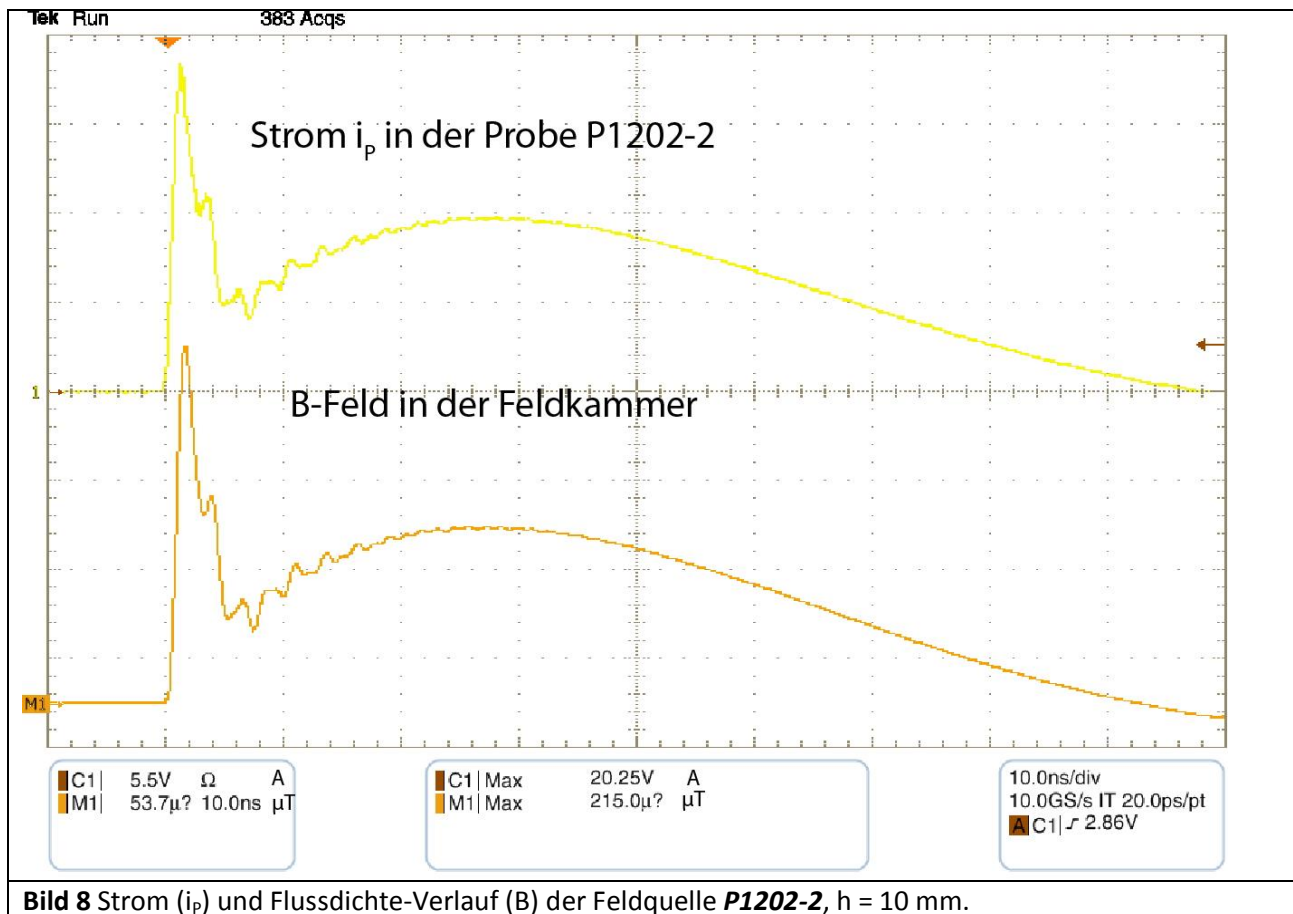


Bild 8 Strom (i_p) und Flussdichte-Verlauf (B) der Feldquelle **P1202-2**, $h = 10$ mm.

Im **Bild 8** ist der Strom (i_p)- und der Flussdichte-Verlauf (B) der Feldquelle **P1202-2** dargestellt. Sichtbar ist der proportionale Zusammenhang zwischen Probe-Strom i_p und Flussdichteverlauf B in der Feldkammer.

1.2.2 Störmechanismus des Magnetfeldes B

Durch den Stromfluss im Stromleiter der Feldquelle wird ein Wirbelmagnetfeld in der Feldkammer der Feldquelle erzeugt. Das Wirbelmagnetfeld B durchsetzt den Test-IC (**Bild 5**).

Der Test-IC besitzt im Inneren Leiterschleifen (**Bild 9**). Die größten Leiterschleifen des Test-ICs werden aus den Pins, Bonddrähten, Leadframes und dem Die gebildet. A_{IC} ist der wirksame Querschnitt einer Leiterschleife. Das Wirbelmagnetfeld B durchsetzt die Leiterschleife und induziert in ihr die Störspannung u_{ind} .

Die induzierte Störspannung u_{ind} kann im IC direkt auf Signale wirken oder einen Störstrom durch den IC treiben³. Der Störstrom kann auf Vdd / Vss Versorgungssysteme einwirken und Fehler auslösen bzw. Spannungsdifferenzen zwischen verschiedenen Schaltungskomplexen erzeugen.

³ Dipl. Ing. Gunter Griessbach und Dipl. Ing. Gunter Langer, „Integrierte Schaltkreise (IC) sind heute die EMV-Schwachstellen elektronischer Geräte.“ Elektronik, 2014

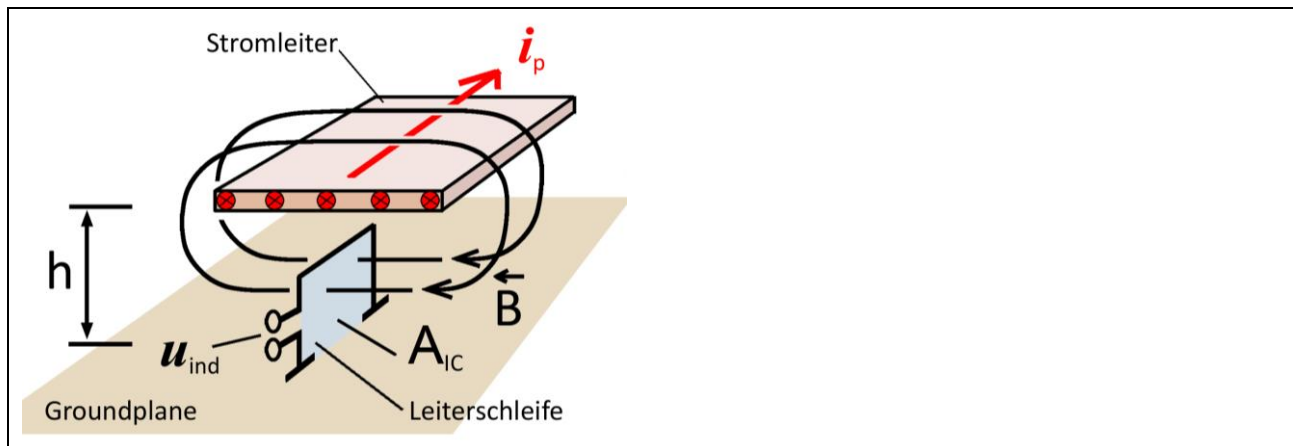


Bild 9 Wirkprinzip der Feldeinkopplung in den Test-IC

Die im **Bild 9** dargestellte offene IC-Schleife ist mit dem Widerstand R_{IC} (nicht abgebildet) geschlossen. Der Widerstand R_{IC} wird aus Pull-up/Pull-down-, Treiber- und IC-internen Widerständen gebildet. Bei Versorgungsschleifen wird der Widerstand aus dem ohmschen Widerstand des Leitungsnetzes gebildet (**Bild 22**).

Die IC-Schleife wird am wirkungsvollsten vom Magnetfeld beaufschlagt wenn das Magnetfeld B die Schleife orthogonal durchsetzt. Die Schleifen im IC können unterschiedlich orientiert sein. Das macht erforderlich, dass das Magnetfeld in seiner Richtung geändert werden kann, um alle kritischen Schleifen aufzufinden. Um das zu ermöglichen kann die Feldquelle im Distanzring gedreht werden. Damit kann die Richtung des Magnetfeldes, das den Test-IC durchdringt, geändert werden. Es können stufenlos alle Richtungen von $0-360^\circ$ eingestellt werden. Damit können die über die Pin-Anschlüsse oder im Die unterschiedlich gerichteten Schleifen des ICs je nach Einstellung maximal mit Feld beaufschlagt werden. Weiterhin lässt sich die Orientierung kritischer Schleifen des ICs bestimmen.

Die Höhe der induzierten Spannung und die daraus resultierende Störwirkung hängen unter anderem von folgenden Parametern ab:

- die Höhe der eingestellten Hochspannung (U_p)
- Größe der Leiterschleife im IC (A_{IC})
- Abstand (h) der Groundplane zum Stromleiter der Feldquelle
- Winkel des Stromleiters zur Leiterschleife

Die Testzeit richtet sich nach der auftretenden Trefferwahrscheinlichkeit der Störsenke (Funktionsfehler) und dem Sicherheitsanspruch der aus der späteren Verwendung des Test-ICs resultiert.

1.2.3 Berechnung des Magnetfeldes B

Der magnetische Fluss im Bereich des Test-ICs lässt sich mit folgender Gleichung berechnen:

$$B[\mu T] = K1 \cdot i_p[A] \quad (Gl 2)$$

Dabei ist $K1$ eine Probekonstante (Induktivitätsbelag L'), die von der metallischen Gestalt der Feldkammer und des Stromleiters abhängig ist (**Bild 5**). Die Höhe der Feldkammer kann in zwei Höhen mit Hilfe der Distanzringe (10 mm, 3 mm) eingestellt werden. Alle anderen Abmessungen der Feldkammer und des Stromleiters sind für alle Feldquellen gleich. Dadurch ergeben sich zwei Probekonstanten $K1$ der Feldquellen, die den Höhen 10 mm und 3 mm zugeordnet werden können (**Tabelle 3**).

Diese Konstante $K1$ ist für alle Magnetfeldquellen (Burst, ESD, HF) des IC-Testsystems der Langer EMV-Technik GmbH gleich.

Des Weiteren kann die magnetische Flussdichte B im Bereich des Test-ICs aus **Tabelle 4** entnommen werden.

1.2.4 Messung des Magnetfeldes B

Die magnetische Flussdichte B in der Feldkammer am Ort des Test-ICs kann mit dem B-Feldmesser **BFM 02-B**⁴ gemessen werden (**Bild 10**). Der B-Feldmesser wird anstelle des Test-ICs in den Groundadapter eingesetzt. Der B-Feldmesser **BFM 02-B** ist passfähig für den Groundadapter **GNDA 02**⁵. Für die Messung ist er in die Groundplane **GND 25**⁶ einzusetzen (siehe Benutzerhandbuch IC-Testumgebung **ICE1**).

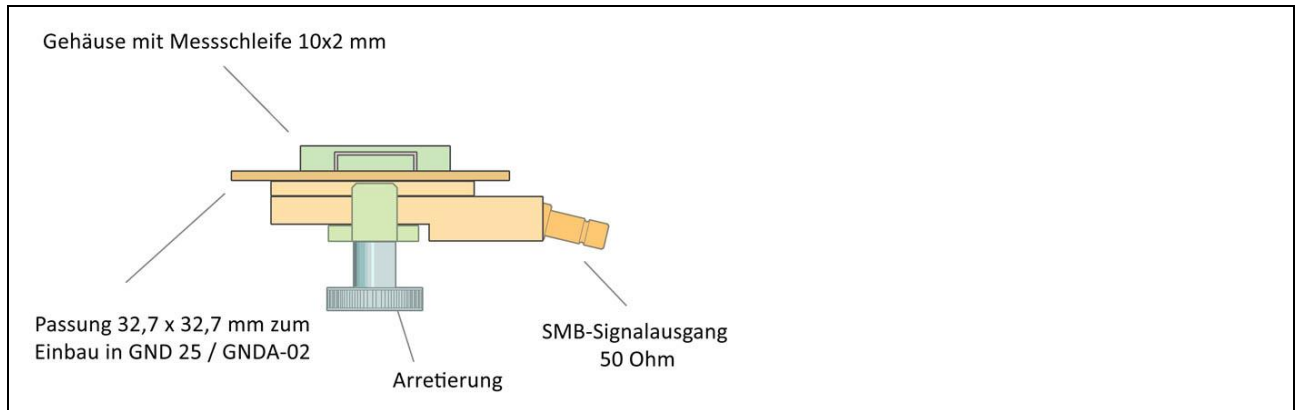


Bild 10 B-Feldmesser zur Messung des magnetischen Flusses B

Der SMB-Signalausgang des B-Feldmessers wird mit dem 50 Ohm SMA-SMB Messkabel mit dem Eingang des Oszilloskops verbunden (**Bild 11**). Der Messausgang ist auf 50 Ohm angepasst. Um korrekte Messwerte zu erhalten, muss der Eingang des Oszilloskops auf 50 Ohm eingestellt werden. Der auf dem B-Feldmesser angegebene Attenuatorwert wird im Vertikalmenü des Oszilloskops eingetragen. Mit dem verwendeten Attenuatorwert wird die Flussdichte im Oszilloskop im μT angezeigt [oder pVs/mm^2].

Es ist darauf zu achten, dass das Messsignal die maximal zulässige Eingangsspannung des Oszilloskops nicht überschreitet. Gegebenenfalls ist ein externer Attenuator zu verwenden. Bei zu schwachem Signal kann ein Vorverstärker verwendet werden (**PA 303**, 30 dB; www.langer-emv.de)

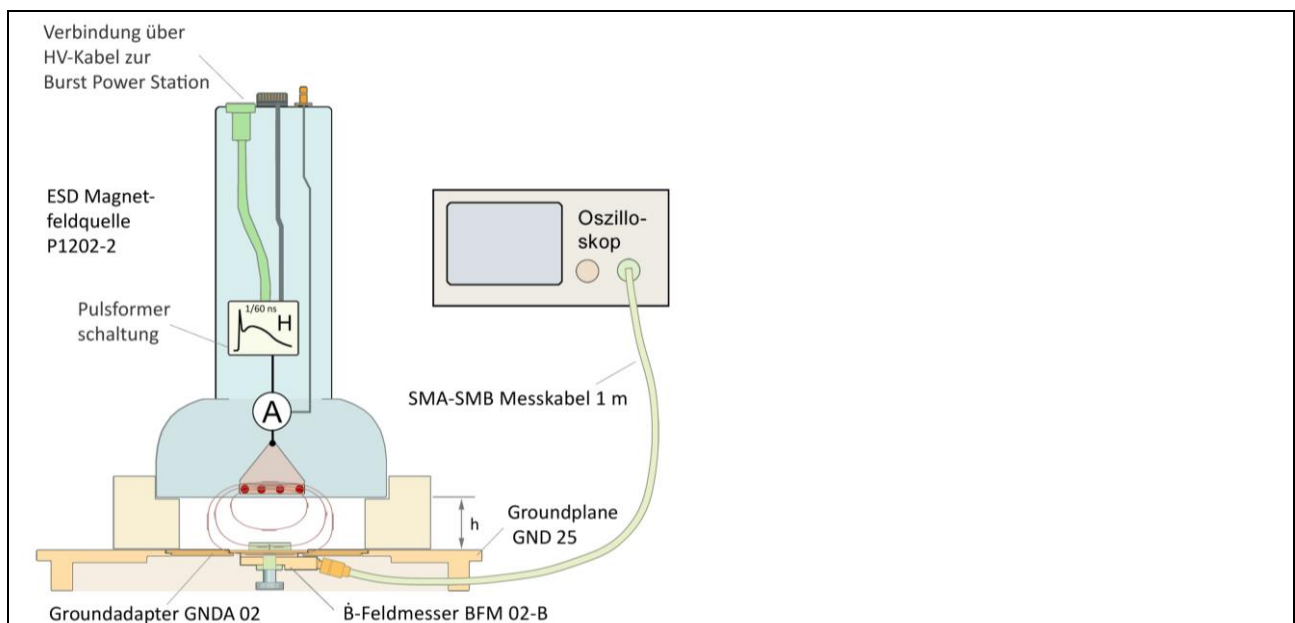


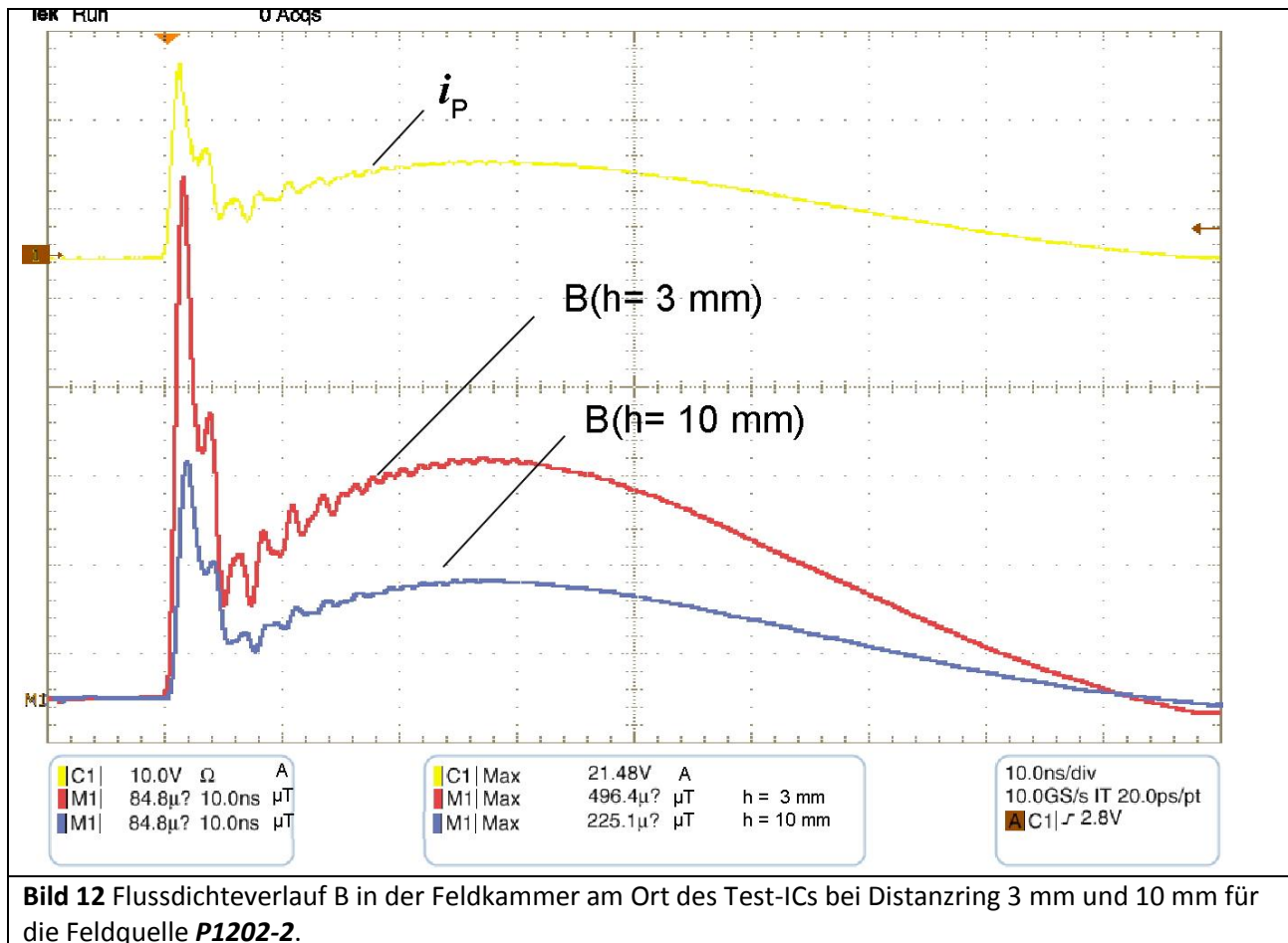
Bild 11 Messung der magnetischen Flussdichte der Feldquelle **P1202-2** mit dem B-Feldmesser **BFM 02-B**.

⁴ BFM 02-B ist nicht im Lieferumfang des Probe Sets enthalten. www.langer-emv.de

⁵ Der Groundadapter GNDA 02 ist im Lieferumfang des ICE1 enthalten.

⁶ Die Groundplane GND 25 ist im Lieferumfang des ICE1 enthalten. www.langer-emv.de

Im **Bild 12** sind die Flussdichteverläufe B für eine Hochspannung U_p von 0,57 kV und einem Strom $i_p = 20$ A für Distanzring 3 mm und 10 mm dargestellt.



1.2.5 Messung der Induktion dB/dt

Der Wert von $dB/dt = \dot{B}$ in der Feldkammer am Ort des Test-ICs kann mit dem dB/dt Feldmesser (\dot{B} -Feldmesser) **BPM 02** gemessen werden (**Bild 13**). Aus dB/dt (\dot{B}) und dem Querschnitt A_{IC} der IC-Leiterschleife lässt sich die Flussänderung $d\Phi/dt$ in der IC-Leiterschleife und die im IC induzierte Spannung u_{ind} errechnen:

$$A_{IC} \cdot \frac{dB}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} = -u_{ind} = -u_{IC} \quad (Gl 3)$$

Dabei ist Φ der Magnetische Fluss, der die IC-Leiterschleife durchsetzt. Der \dot{B} -Feldmesser **BPM 02** wird anstelle des Test-ICs in den Groundadapter eingesetzt. Der \dot{B} -Feldmesser **BPM 02** ist passfähig für den Groundadapter **GNDA 02**⁷. Für die Messung ist er in die Groundplane **GND 25** einzusetzen (siehe Benutzerhandbuch IC-Testumgebung **ICE1**).

⁷ Der GNDA 02 ist im Lieferumfang des ICE1 enthalten.

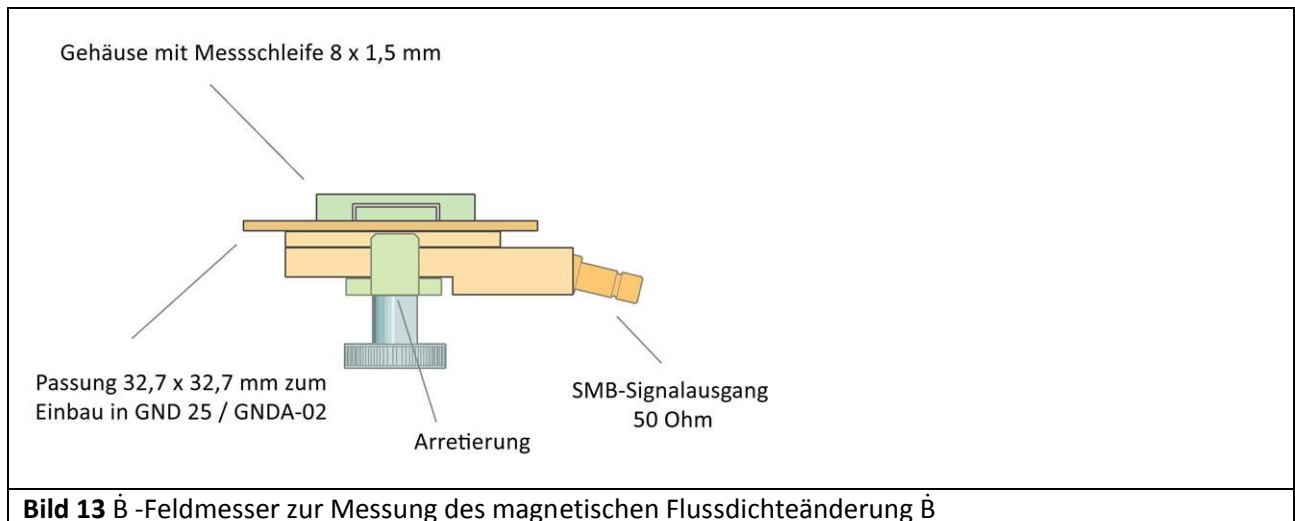


Bild 13 \dot{B} -Feldmesser zur Messung des magnetischen Flussdichteänderung \dot{B}

Der SMB-Ausgang des \dot{B} -Feldmessers wird mit dem 50 Ohm SMA-SMB Messkabel mit dem Eingang des Oszilloskops verbunden (**Bild 15**). Der Messausgang ist auf 50 Ohm angepasst. Um korrekte Messwerte zu erhalten, muss der Eingang des Oszilloskops auf 50 Ohm eingestellt werden. Die im Oszilloskop anstehende Spannung u_{AV} wird für den \dot{B} -Feldmesser **BPM 02** mit folgender Gleichung in \dot{B} umgerechnet:

$$\dot{B} = \frac{dB}{dt} = 1 \cdot 10^6 \cdot u_{AV} \left[\frac{T}{s} \right] \quad (Gl 4)$$

In das Vertikalmenü des Oszilloskops muss der Attenuatorwert $1 \cdot 10^6$ eingetragen werden **Bild 14**.

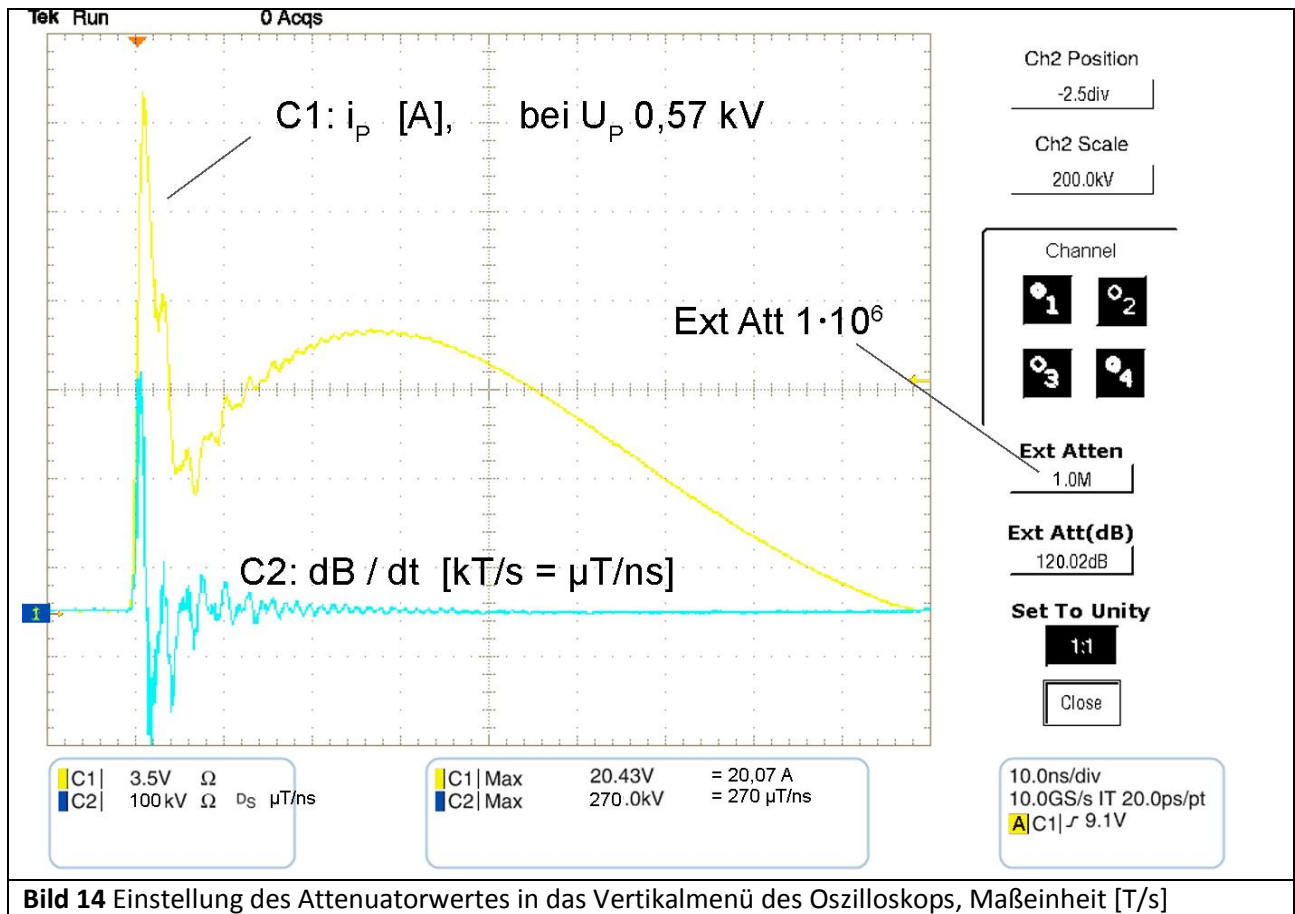
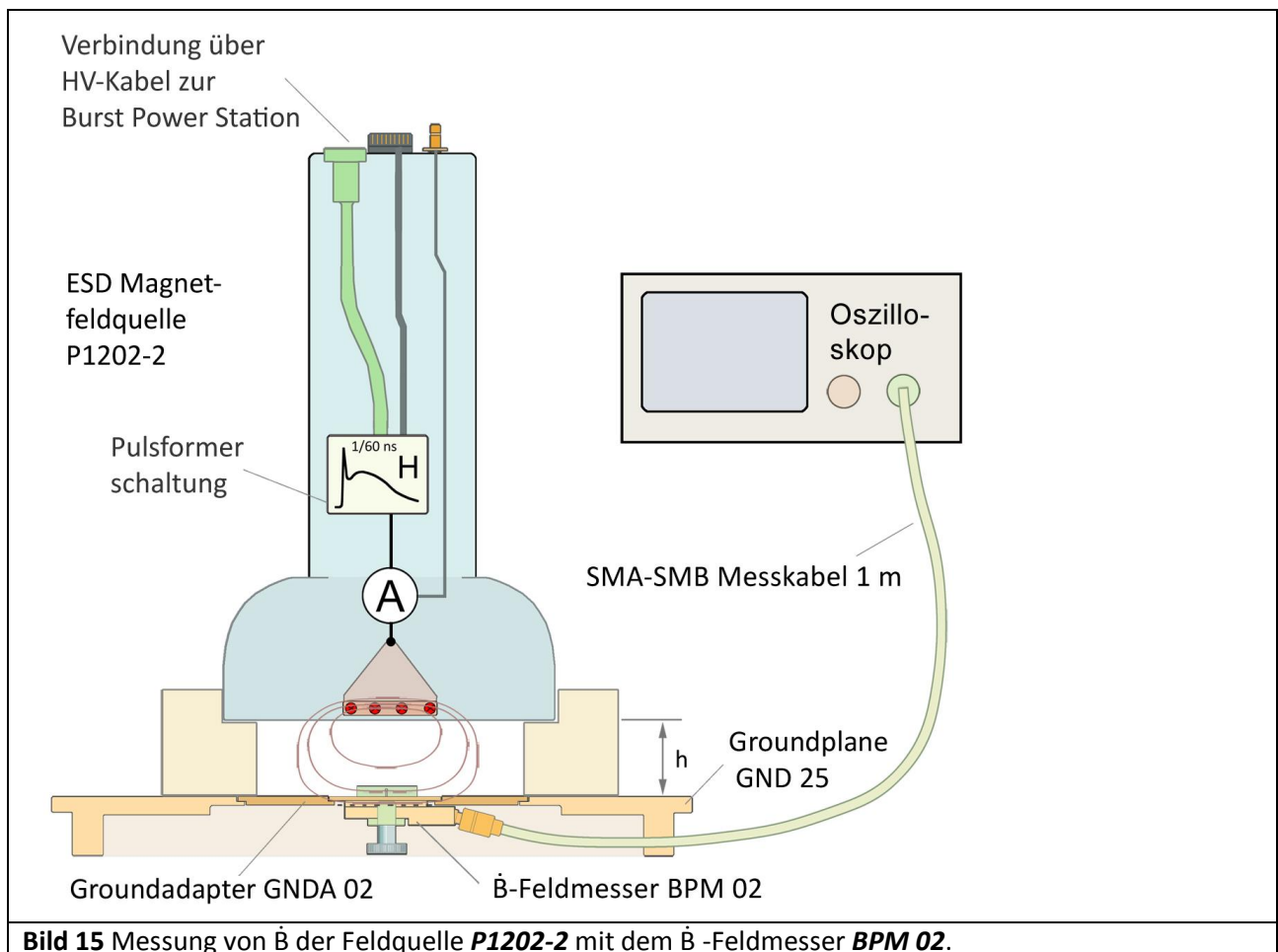


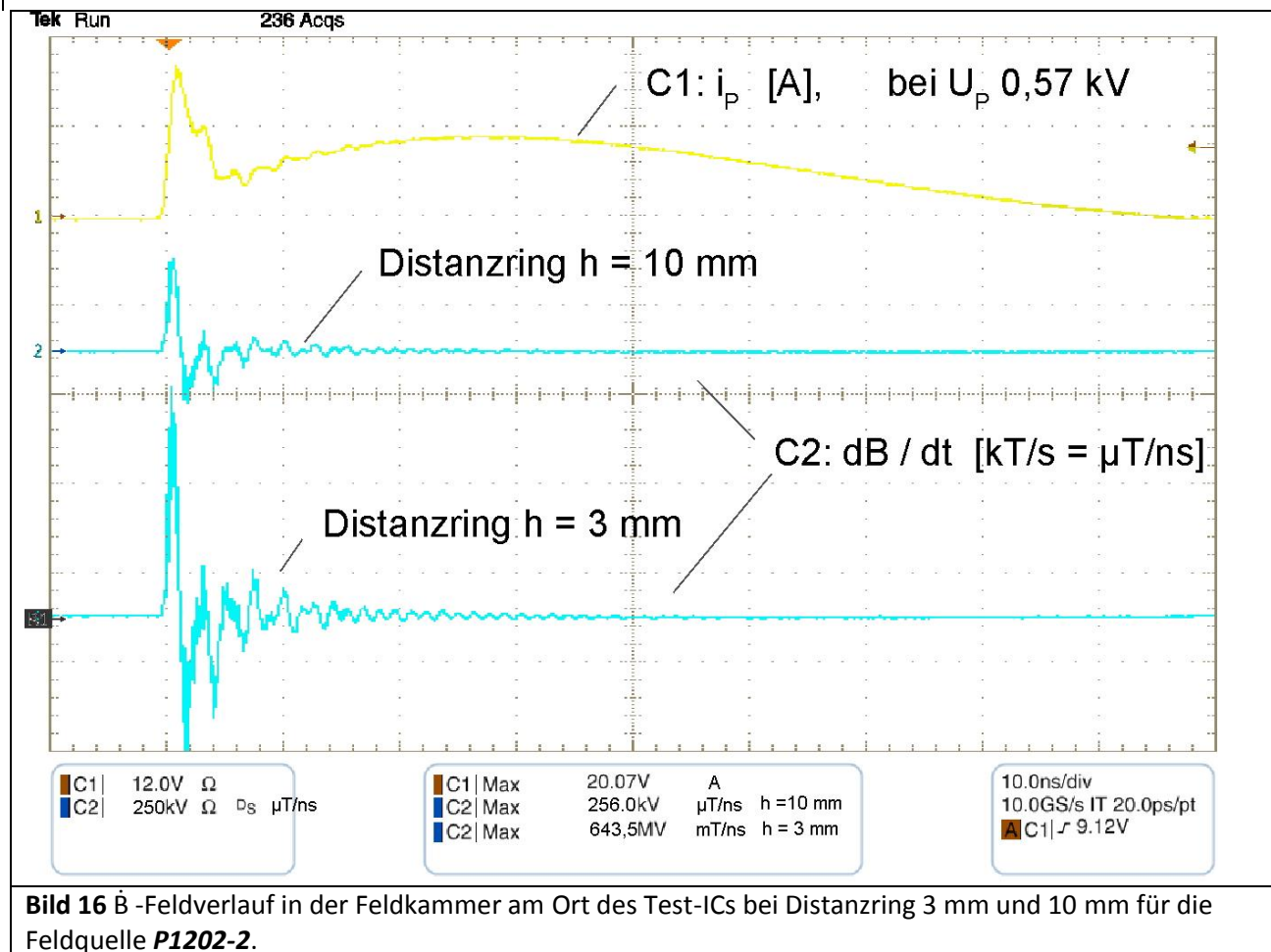
Bild 14 Einstellung des Attenuatorwertes in das Vertikalmenü des Oszilloskops, Maßeinheit [T/s]

Wenn ein \dot{B} -Feldmesser mit einem anderen Attenuatorwert verwendet wird, muss dieser Attenuatorwert in das Vertikalmenü des Oszilloskops eingetragen werden. Mit dem verwendeten Attenuatorwert wird \dot{B} im Oszilloskop in T / s angezeigt. Wenn im Kanal des Oszilloskops die Maßeinheit T oder μT anstelle von V (Volt) nicht eingestellt wird, erfolgt die Anzeige in V (Volt) bzw. in kV (**Bild 14**). Es wird z.B. $\dot{B} = 270 \text{ kV}$ angezeigt. Diese Darstellung muss mit den entsprechenden Größen im „Meter-Kilogramm-Sekunde-Ampere-System“ (MKSA-System) umgewandelt werden so das T / s entsteht. T / s lässt sich auflösen in $\text{Vs}/\text{m}^2 \text{ s}$. Dabei wird k von kV in μ/n gewandelt (**Bild 14**). Es entsteht $\mu\text{Vs}/\text{m}^2 \text{ ns} = \mu\text{T} / \text{ns}$ als Maßeinheit des Kanals

Es ist darauf zu achten, dass das Messsignal die maximal zulässige Eingangsspannung des Oszilloskops nicht überschreitet. Gegebenenfalls ist ein externer Attenuator zu verwenden. Bei zu schwachem Signal kann ein Vorverstärker verwendet werden (**PA 303**, 30 dB, www.langer-emv.de)



Im **Bild 16** sind die \dot{B} Verläufe für eine ESD-Generator-Spannung U_{VG} von 570 V und einem Strom $i_p = 20$ A für Distanzring 3 mm und 10 mm dargestellt.



Die in einem IC induzierte Spannung kann ermittelt werden, wenn der wirksame Querschnitt A_{IC} der IC-Schleife bekannt ist.

$$u_{ind} = -A_{IC} [mm^2] \cdot 10^{-6} \cdot \frac{dB}{dt} = -A_{IC} [mm^2] \cdot 10^{-6} \cdot \dot{B} \quad (Gl 5)$$

u_{ind} kann über eine Mathematikfunktion im Oszilloskop aus \dot{B} berechnet werden (**Bild 17**).

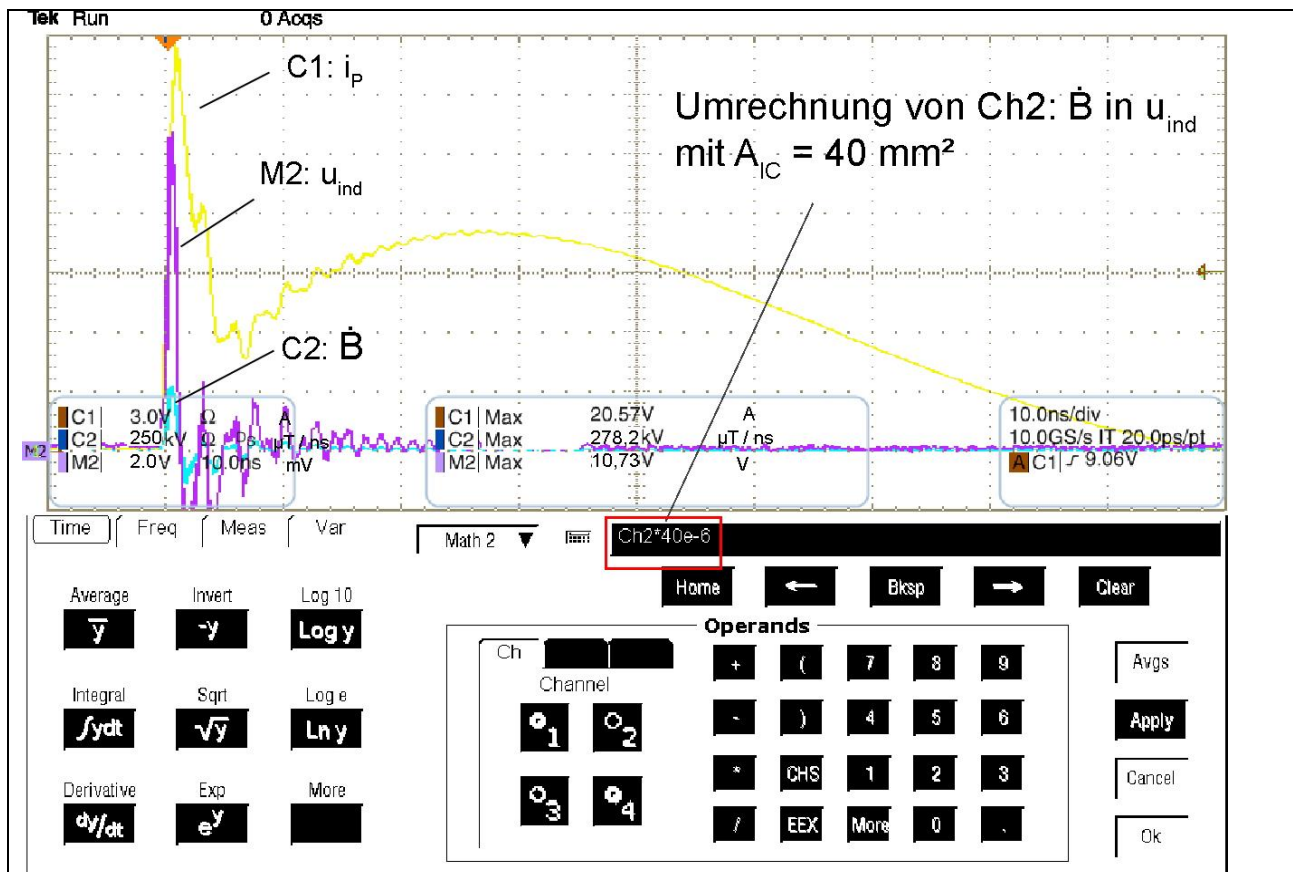


Bild 17 \dot{B} -Berechnung der im IC induzierten Spannung u_{ic} . Dabei ist: $A_{IC} = 2 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} = 40 \text{ mm}^2$ der Querschnitt der IC-Schleife, \dot{B} wird mit der Feldquelle **P1202-2** erzeugt, die Distanzringhöhe beträgt 10 mm, es fließt ein Strom $i_p = 20 \text{ A}$ im Stromleiter der Feldquelle ($U_p = 0,57 \text{ kV}$) Es wird eine Spannung von 10,7 V in der IC-Schleife induziert

Die größten IC-Leiterschleifen werden aus den Pins und Bonddrähten und dem Die gebildet. In einer Schleife von 2 mm x20 mm wird bei 20 A ESD-Strom und einer Distanzringhöhe von $h = 10 \text{ mm}$ eine Spannung von 10,7 V induziert.

Durch Integration kann der \dot{B} -Verlauf in die Flussdichte B umgerechnet werden.

$$B = \int \dot{B} \cdot dt + C \quad (\text{Gl 6})$$

Dabei ist C die Integrationskonstante. Die Integration kann im Oszilloskop durchgeführt werden (**Bild 18**). Das Ergebnis im Oszilloskop besitzt die Maßeinheit T.

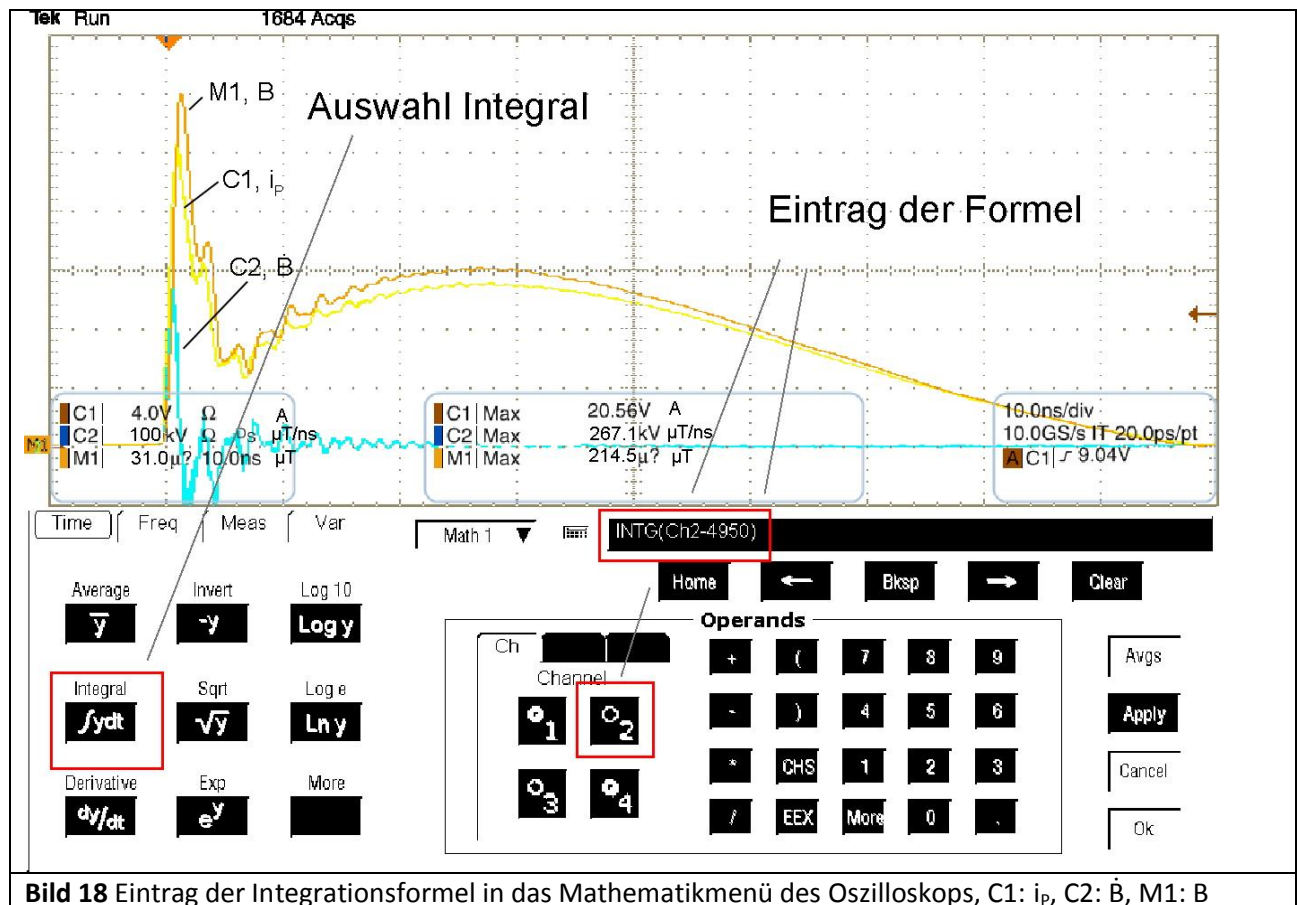


Bild 18 Eintrag der Integrationsformel in das Mathematikmenü des Oszilloskops, C1: i_p , C2: \dot{B} , M1: B

Der Wert der Integrationskonstante C muss von Hand in die Gleichung des Oszilloskops eingetragen werden. Der Endwert der Integrationskonstante wird durch Iteration ermittelt. Als Startwert kann z.B. 0 verwendet werden. Wenn die Integrationskonstante C in ihrem Wert zu klein ist, fällt die Messkurve gegenüber dem erwarteten Verlauf ab (**Bild 19**). Der erwartete Verlauf ist proportional dem Verlauf Stromes i_p im Stromleiter **Bild 18**. Wenn davon abweichend die Messkurve abfällt, muss die Integrationskonstante C erhöht werden. Wenn aber die Messkurve ansteigt ist die Integrationskonstante C in ihrem Wert zu groß (**Bild 19**). Sie muss dann von Hand verringert werden. Der Wert der Integrationskonstanten ist von Hand Schrittweise so anzupassen, dass der Verlauf C2: B dem Strom C1: i_p proportional entspricht (**Bild 18**).

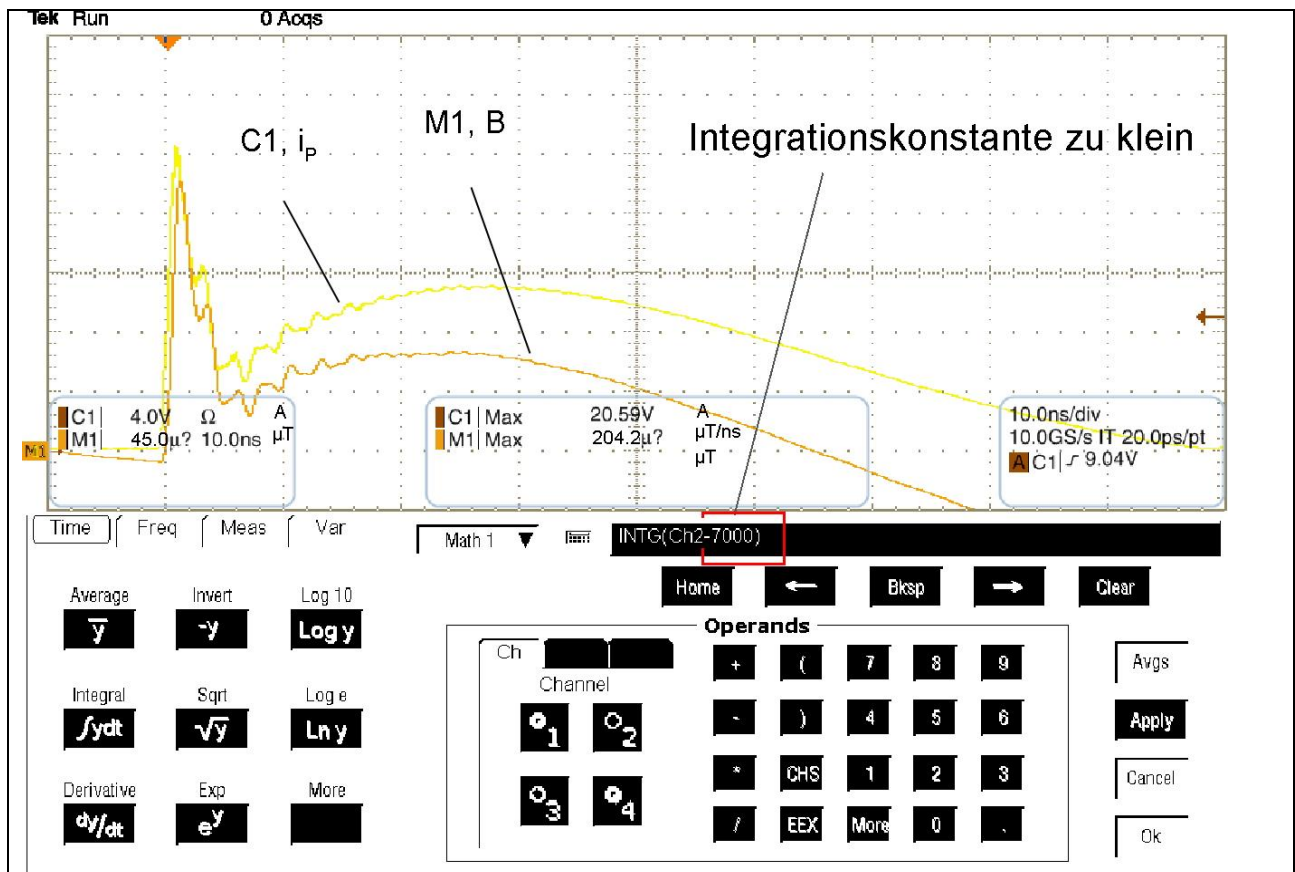


Bild 19 Durch Integration M1 aus C2 berechneter B-Feldverlauf. Die Flussdichte B sollte proportional zum Strom i_p sein. Abweichend fällt B (M1) gegenüber i_p (C1) ab. Ursache ist die zu kleine Integrationskonstante -7000. Die Integrationskonstante muss erhöht werden z.B. auf -1000.

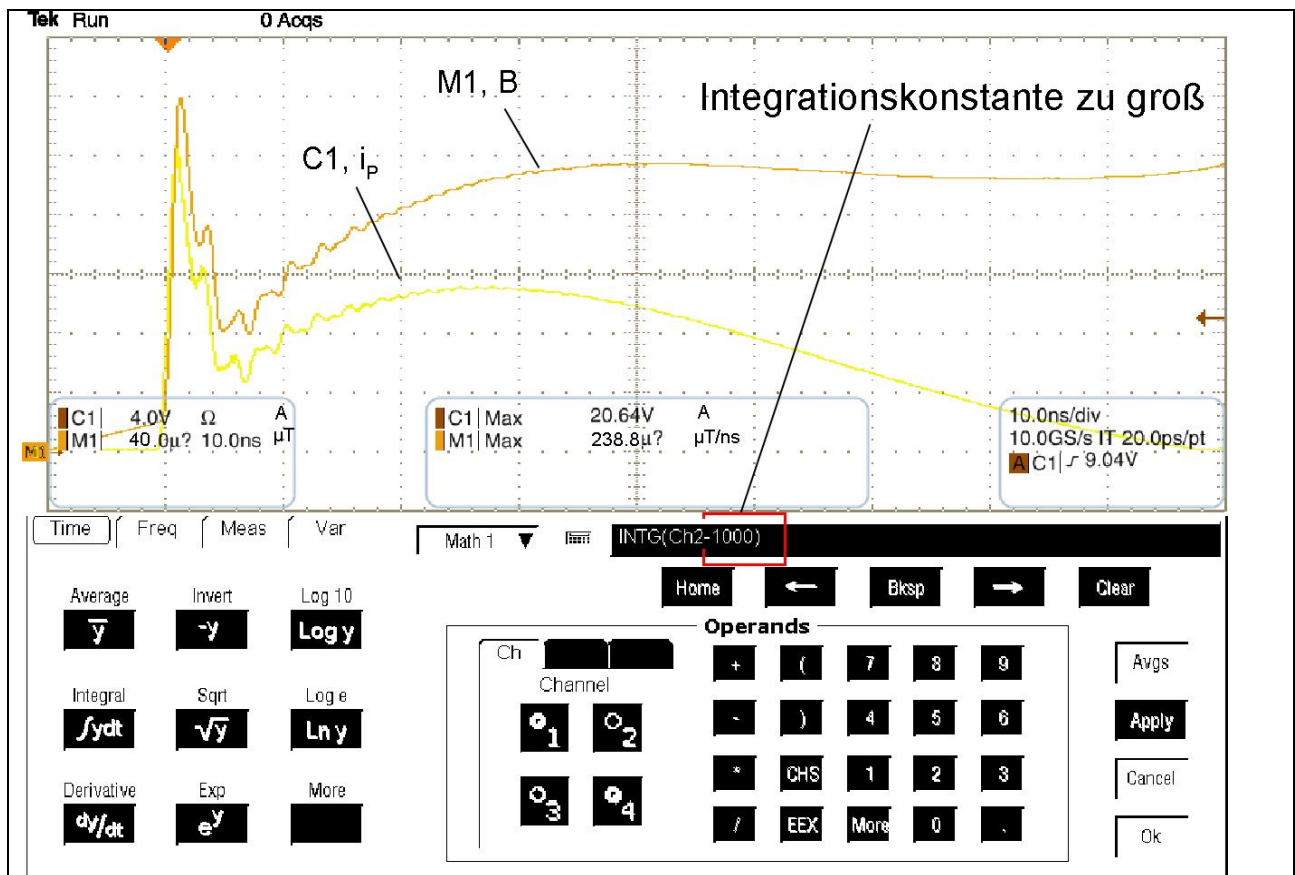


Bild 20 Durch Integration M1 aus C2 berechneter B-Feldverlauf. Die Flussdichte B sollte proportional zum Strom i_p sein. Abweichend steigt B (M1) gegenüber i_p (C1) an. Ursache ist die zu große Integrationskonstante -1000. Die Integrationskonstante muss verringert werden z.B. auf -4950 (**Bild 18**).

Wenn der im Oszilloskop eingegebene Attenuatorwert (Ch2) das Messsignal U_{AV} in T / ns umrechnet muss A_{IC} in m^2 in die Gleichung des Oszilloskops eingegeben werden. Dann erhält man als Ergebnis im Oszilloskop die Maßeinheit T.

Wenn der im Oszilloskop eingegebene Attenuatorwert das Messsignal U_{AV} in mV/mm^2 umrechnet, muss A_{IC} in mm^2 in die Gleichung des Oszilloskops eingegeben werden. Dann erhält man als Ergebnis im Oszilloskop die Maßeinheit Vs/mm^2 .

1.2.6 Induktiver Koppelmechanismus der Feldquelle P1202-2 zum Test IC

Es gibt zwei Hauptarten der induktiven Kopplung des Stromleiters der Feldquelle mit Schleifen des Test-ICs (**Bild 9**). Abgeleitet werden die Kopplungen aus dem Wirkzusammenhang **Bild 21**.

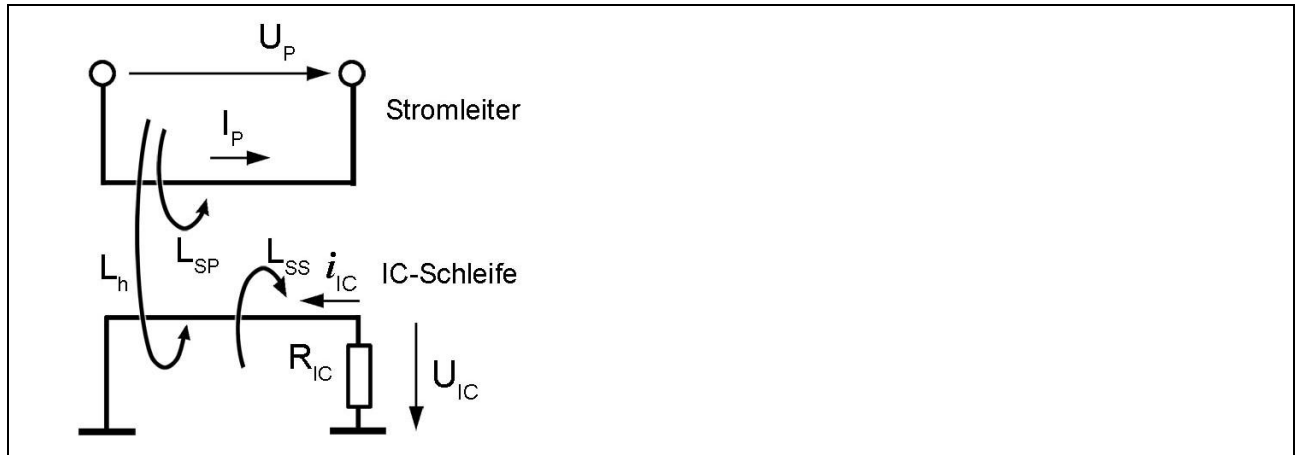


Bild 21 Wirkzusammenhang des Magnetfeldes zwischen Stromleiters der Feldquelle **P1202-2** und der IC-Schleife

Der Strom i_p im Stromleiter erzeugt ein Wirbelmagnetfeld. Der Anteil des Wirbelmagnetfeldes, der die IC-Schleife durchsetzt, wird der Hauptinduktivität L_h zugeordnet. Die Hauptinduktivität L_h vermittelt zwischen Strom i_p der Feldquelle und der in der IC-Schleife induzierten Spannung u_{IC} .

$$u_{ind} = -L_h \cdot \frac{di_p}{dt} \quad (Gl 7)$$

Die IC-Schleife besitzt die Selbstinduktivität L_{SS} . Der Wirkzusammenhang **Bild 21** lässt sich in ein Transformator-Ersatzschaltbild bestehend aus konzentrierten Elementen überführen (**Bild 22**).

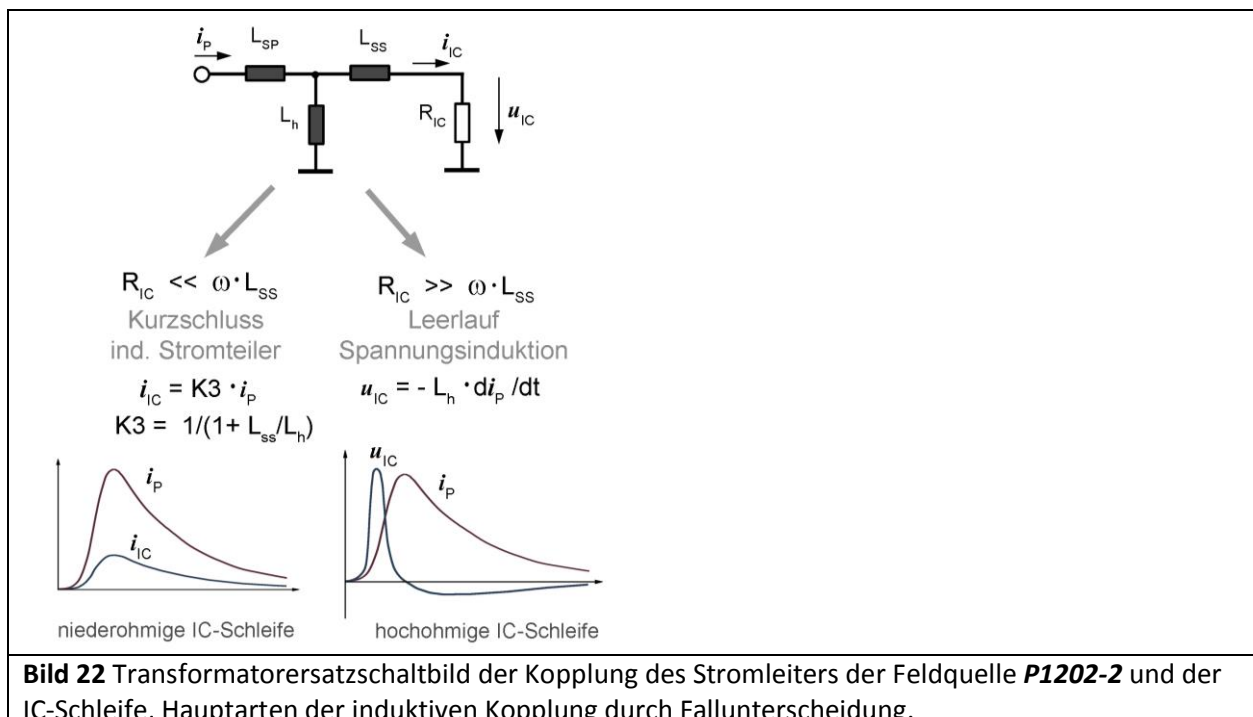


Bild 22 Transformatorersatzschaltbild der Kopplung des Stromleiters der Feldquelle **P1202-2** und der IC-Schleife, Hauptarten der induktiven Kopplung durch Fallunterscheidung.

Ermittlung der Hauptarten der induktiven Kopplung durch Fallunterscheidung:

1. Stromkopplung

Bei $R_{IC} \ll \omega L_{SS}$ arbeitet die Schaltung im Kurzschluss. Die Induktivitäten L_h und L_{SS} bilden einen Stromteiler. Die Ströme teilen sich frequenzunabhängig im Verhältnis L_h / L_{SS} (Vereinfachung $L_{SS} \gg L_h$: $1/(1+L_{SS}/L_h) = L_h/L_{SS}$). Deshalb besitzt der Stromimpuls im IC den gleichen zeitlichen Verlauf wie der Entladestrom im Stromleiter der Feldquelle. D.h. im IC fließt ein $1/60$ ns (1ns Anstiegszeit; 60ns Breite) Stromimpuls i_{IC} . Der Scheitelwert wird mit dem Koppelfaktor $K3$ (**Bild 22**) abgeschwächt. Um alle Frequenzanteile des Entladestroms zu übertragen, muss R_{IC} im Bereich von 0,1 Ohm liegen. Das wird in Vdd / Vss Schleifen realisiert.

2. Spannungskopplung

Bei $R_{IC} \gg \omega L_{SS}$ arbeitet die Schaltung im Leerlauf wie ein Spannungsübertrager. Im IC steht die an der Induktivität L_h induzierte Spannung an (Leerlaufspannung). Sie folgt frequenzabhängig dem Induktionsgesetz.

$$u_{ind} = -\omega \cdot L_h \cdot i_p \quad (Gl 8)$$

Stromanteile mit höheren Frequenzen erzeugen mehr Spannung. Der Stromimpuls i_p wird differenziert (**Bild 22**). Das hat bei ESD-Einkopplung besondere Bedeutung. Dort ist der Stromfluss Anteile mit höherer Frequenz als bei EFT/Burst.

1.2.7 Stromeinkopplung in den IC

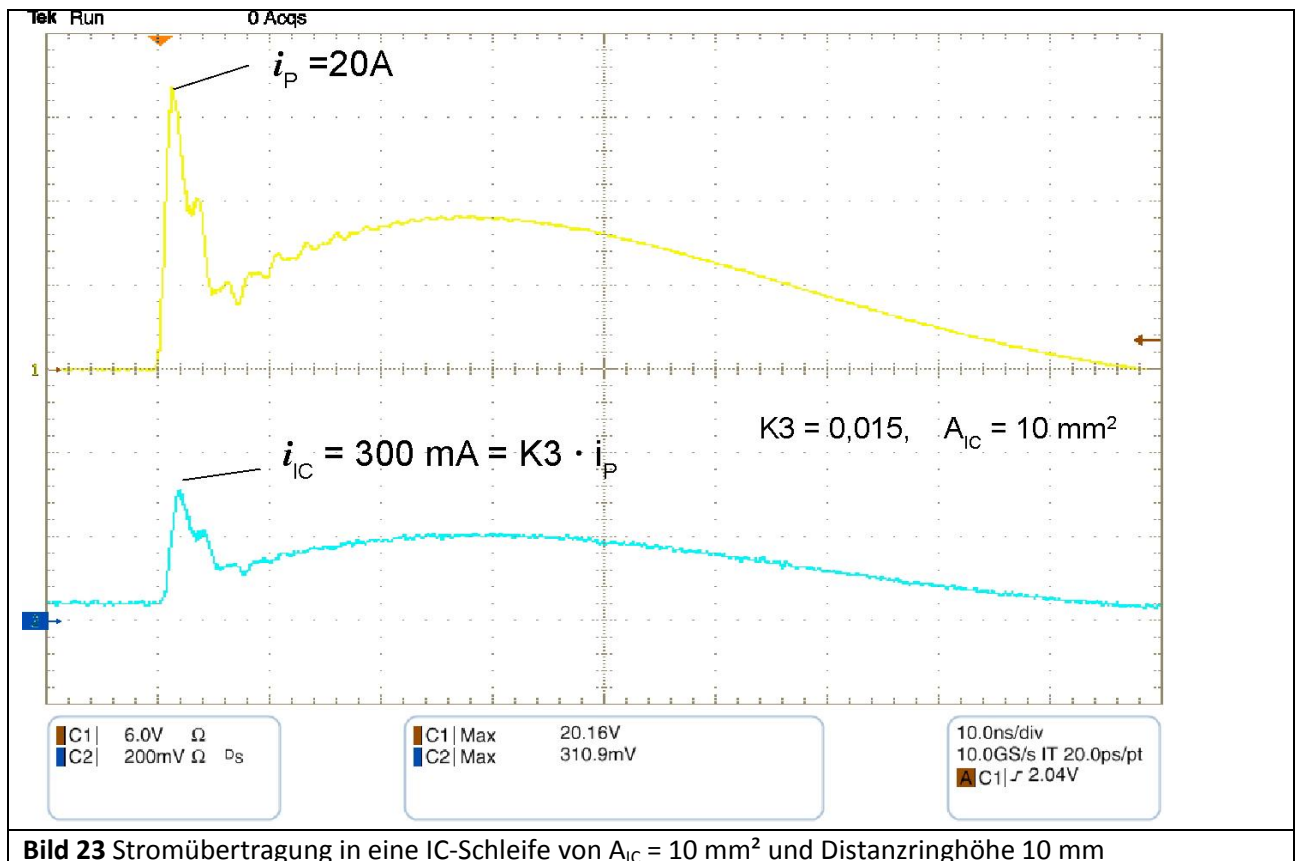
Das Verhältnis L_h zu L_{SS} (Vereinfachung $L_{SS} \gg L_h$: $1/(1+L_{SS}/L_h) = L_h/L_{SS}$) bestimmt die Stromeinkopplung in eine IC-Schleife (**Bild 22**). Das Verhältnis wird durch Längenänderung einer Leiterschleife praktisch nicht geändert. Eine Änderung der Schleifenhöhe und eine Änderung des Leitungsdurchmessers würde L_{SS} ändern. Damit ist L_{SS} nicht eindeutig von der Fläche A_{IC} der Schleife abhängig. Eine Normierung könnte nur unter den angegebenen Bedingungen erfolgen und wird hier nicht durchgeführt.

Der Widerstand R_{IC} bestimmt wesentlich die Wirksamkeit der Stromeinkopplung. Für Versorgungsschleifen kann auf Grund ihrer Niederohmigkeit die Stromeinkopplung wirken.

Für Berechnungen lässt sich L_h aus dem Induktivitätsbelag L' und A_{IC} bestimmen. L_{SS} muss aus der Konstruktion des ICs ermittelt werden.

$$i_{IC} = K3 \cdot i_p \quad (Gl 9)$$

In **Bild 23** wurde $K3$ messtechnisch bestimmt.



1.2.8 Spannungseinkopplung in den IC

Der Stromleiter in der Feldquelle besitzt eine induktive Kopplung zur Leiterschleife im Test-IC. Die Wirkung der Kopplung wird mit dem Induktionsgesetz beschrieben.

$$u_{ind} = -L_h \cdot \frac{di_p}{dt} \quad (\text{Gl 10})$$

Dabei ist die Induktivität L_h das Maß der Kopplung zwischen Stromleiter und Schleife des Test-ICs. Die Induktivitätsbelag L_h' ist das Verhältnis zwischen Induktivität L_h und der wirksamen Fläche der Schleife des Test-ICs.

Diese Induktivitätsbelag L_h' ist eine Konstante für die Feldkammer. Sie ist in **Tabelle 3** für 3 mm und 10 mm Feldkammerhöhe h angegeben. Die induzierte Spannung berechnet sich nach der Gleichung:

$$u_{ind} = -L_h' \cdot A_{IC} \cdot \frac{di_p}{dt} \quad (\text{Gl 11})$$

A_{IC} ist der wirksame Querschnitt der Schleife des Test-ICs. Die Querschnitte A_{IC} der Schleifen im Test-IC können aus seiner Konstruktion ermittelt werden. Mit diesem Wert, dem Induktivitätsbelag und dem Differential des Stromes di_p / dt kann die induzierte Spannung in der Schleife des Test-ICs berechnet werden. Diese Werte können für Simulation am IC benutzt werden.

di_p / dt für ESD kann aus der Anstiegszeit des Pulses Δt und dem Scheitelwert des Stromes Δi_p der Ersten Entladestromspitze überschlägig berechnet werden mit:

$$\frac{\Delta i_p}{\Delta t} = \frac{i_p}{0.8ns} \quad (GI 12)$$

Mit $K2 = L_h' / \Delta t$ und $u_{ind} = -L_h' \cdot A_{IC} \cdot di_p / dt$ ergibt sich für die maximale Spannung (abhängig von der ersten Endladestromspitze):

$$U_{ind} = K2 \cdot A_{IC} \cdot I_p \quad (GI 13)$$

Werte für K2 sind in **Tabelle 3** enthalten.

di_p / dt kann auch mit einem Oszilloskop nach der Messmethode **1.2.4** gemessen werden.

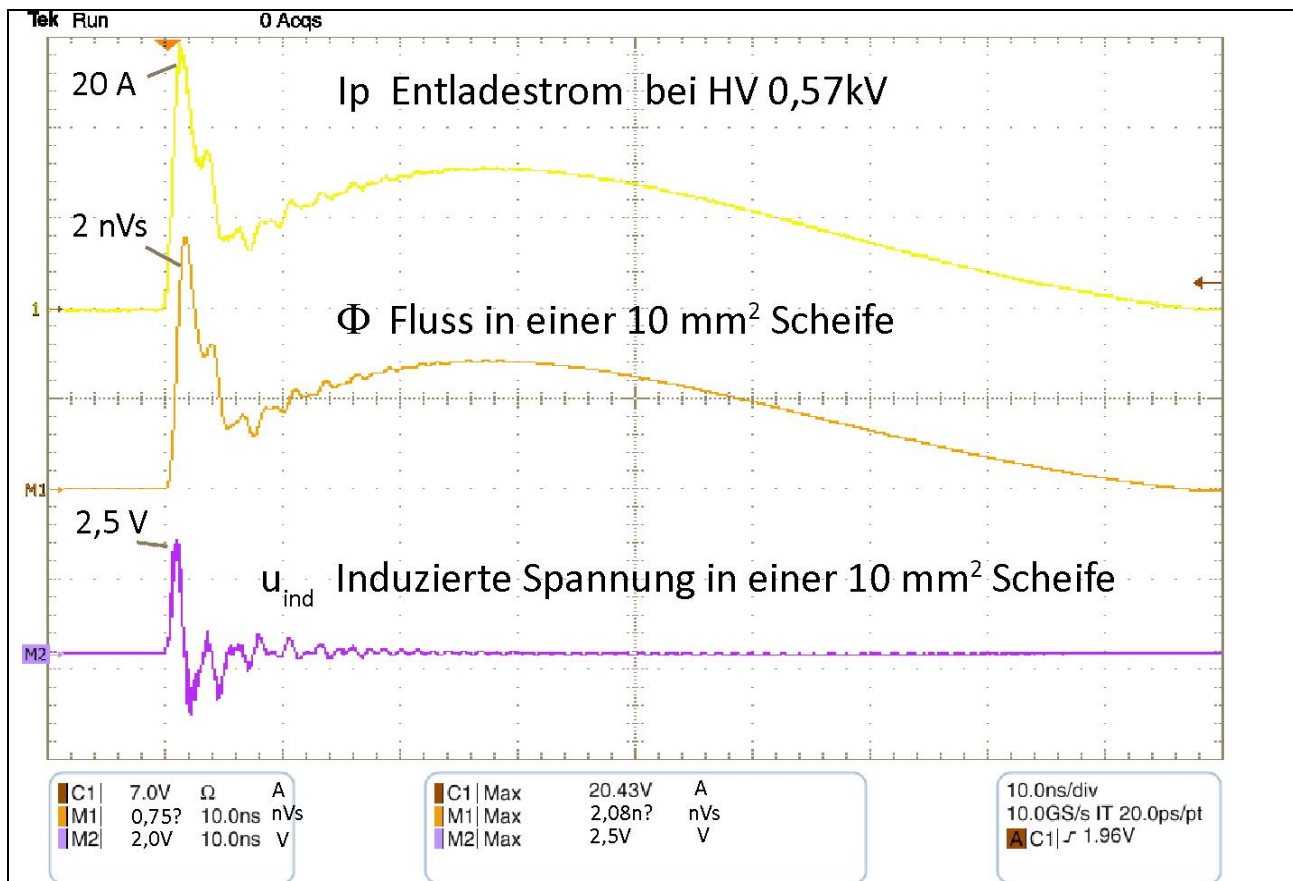


Bild 24 Magnetischer Fluss ϕ und induzierte Spannung u_{ind} in der Leiterschleife eines Test-ICs bei Distanzring 10 mm und Feldquelle **P1202-2**.

Im **Bild 24** sind die zeitlichen Verläufe der induzierten Spannungen für eine Testleiterschleife von $A_{IC} = 10 \text{ mm}^2$ dargestellt.

Die induzierte Spannung kann direkt aus der Flussdichte im Bereich des Test-ICs berechnet werden.

$$u_{ind} = -A_{IC} \cdot \frac{dB}{dt} \quad (GI 14)$$

1.2.9 E-Feldunterdrückung der ESD-Magnetfeldquellen

In den Feldquellen **P1202-2** entsteht bei der Magnetfelderzeugung in der Feldkammer als Nebeneffekt ein schwaches elektrisches Feld E_p . Das elektrische Feld ist vom Speisestrom I_p und von der Distanzringhöhe h linear abhängig. In **Bild 25** ist der Zeitverlauf des Feldes dargestellt. Er entspricht der ersten Ableitung des Stromes. Ursache ist unter anderem der induktive Spannungsabfall im Stromleiter der Feldquelle.

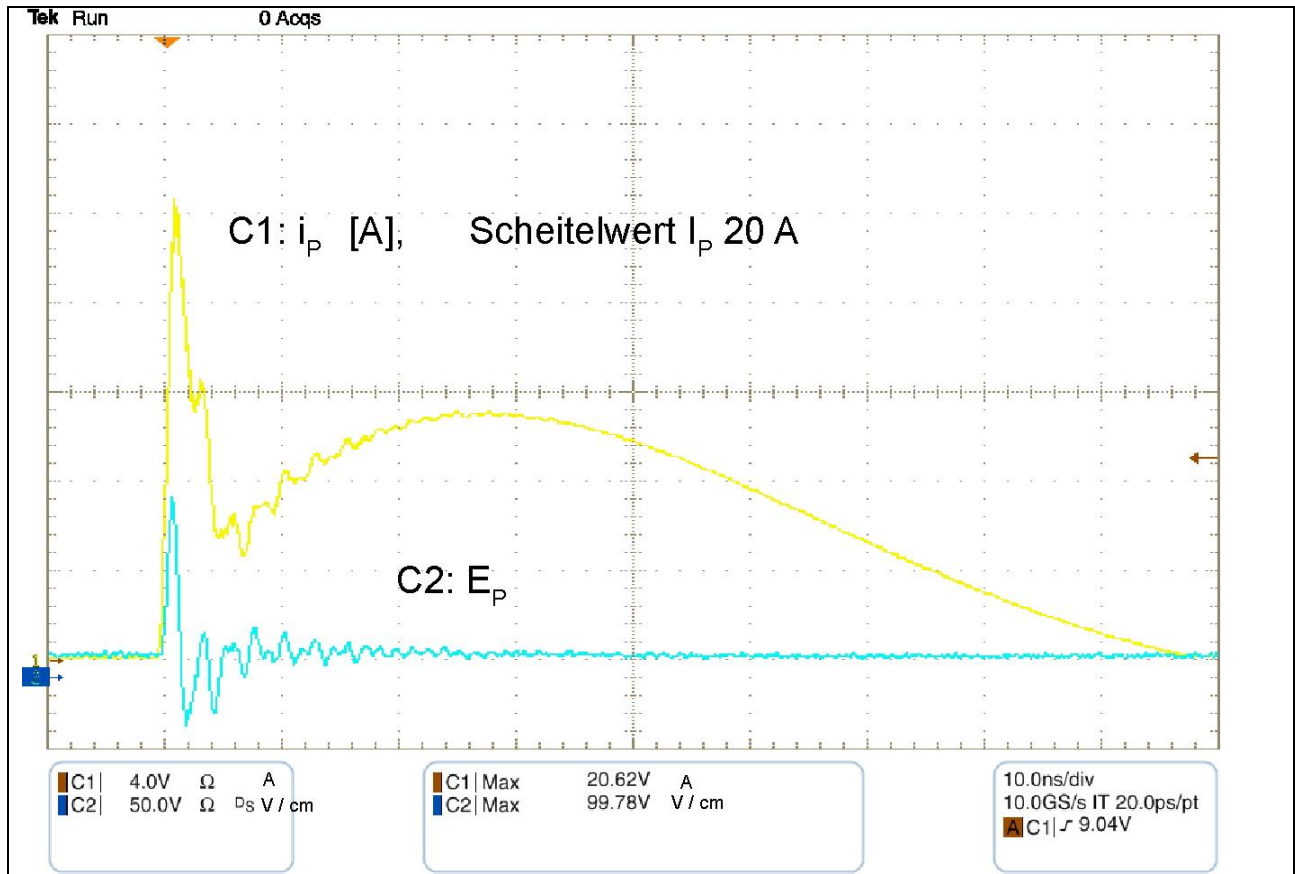


Bild 25 Bei Speisung der Feldquelle **P1202-2** mit Strom i_p entsteht in der Feldkammer ein elektrisches Feld E_p . Distanzringhöhe $h = 10$ mm.

Die zugehörige elektrische Spannung U_p gegen Ground ist von der Distanzringhöhe unabhängig:

$$\frac{U_p}{I_p} = 4,8 \left[\frac{V}{A} \right] \quad (G15)$$

(P1202-2, $h = 10$ **Bild 25**)

Hingegen ist elektrische Feldstärke am Ort des Test-ICs bei konstanter Spannung U_p von der Distanzringhöhe abhängig (**Tabelle 6**).

1.3 Aufbau des Prüfplatzes / Systemaufbau

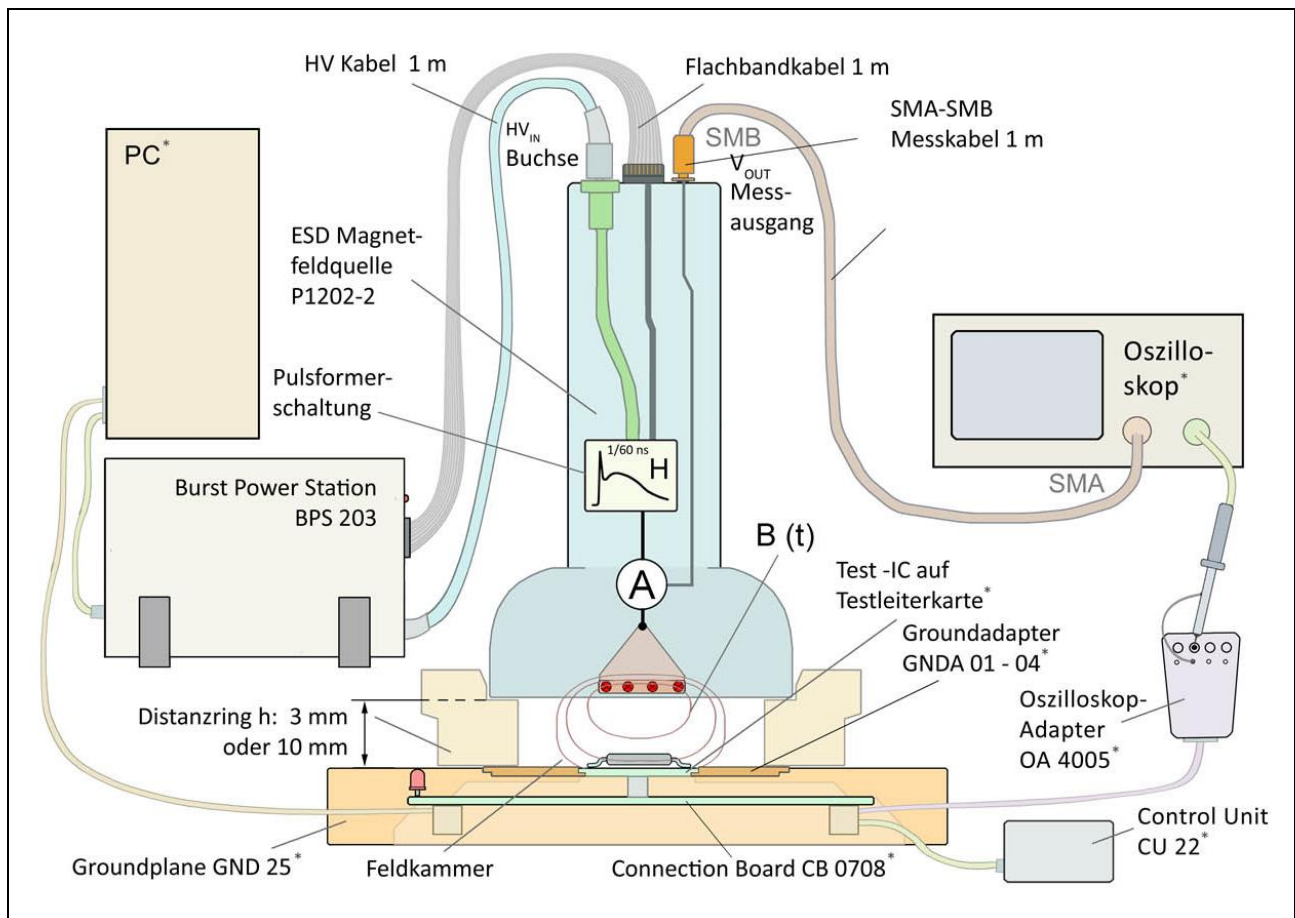


Bild 26 Feldquelle **P1202-2** in der Testumgebung **ICE1**

Mit * gekennzeichnete Komponenten sind nicht im Lieferumfang des Probe-Sets „Probe Set ESD-Magnetfeldeinkopplung“ enthalten.

Im **Bild 26** ist der Aufbau des Prüfplatzes mit Testumgebung **ICE1** (**Tabelle 2**) und der Feldquelle **P1202-2** dargestellt. Die Burst Power Station **BPS 203** erzeugt die Hochspannung zum Betreiben der Feldquelle **P1202-2**.

Der Anschluss „HV“ der Burst Power Station **BPS 203** ist über das HV-Kabel „HV 1 m“ mit dem Eingang der Feldquelle (Anschluss „HV_{IN}“) verbunden. Weiterhin ist die Feldquelle am Ausgang Control über das Flachbandkabel (FBK 12P 1 m) mit dem Anschluss „Probe“ der **BPS 203** verbunden. Die **BPS 203** ist über das USB B Kabel mit einem PC verbunden. Auf dem PC werden die Software „**BPS 203-Client**“ und die Treiber für Windows installiert (Benutzerhandbuch **BPS 203**). Die Steuerung der **BPS 203** erfolgt über die USB-Schnittstelle vom PC aus.

In der Feldquelle **P1202-2** wird aus der Hochspannung der **BPS 203** das ESD-Magnetfeld (Wirbelmagnetfeld) erzeugt. Das ESD-Magnetfeld wirkt in der Feldkammer auf das Gehäuse des Test-ICs.

Der Test-IC ist auf einer Testleiterkarte montiert. Die Herstellung der Test-Leiterkarte ist im Kapitel 3 der „Anleitung IC-Test“ beschrieben (im Lieferumfang IC-Testumgebung **ICE1**). Die Testleiterkarte wird in die Groundplane **GND 25** eingesetzt und mit dem Connection Board **CB 0708** über Steckverbinder verbunden (**Bild 26**).

Die Groundplane und das Connection Board sind Teile der IC-Testumgebung **ICE1** (Benutzerhandbuch **ICE1**).

Im Lieferumfang sind zwei verschiedene Distanzringe enthalten. Die Distanzringe besitzen jeweils 3 mm und 10 mm Höhe. Über die Auswahl des entsprechenden Distanzringes, wird die Höhe der Feldquelle eingestellt. Der 3 mm Distanzring bewirkt in der Feldkammer eine höhere Feldstärke. Hat jedoch zur Folge, dass der Stromleiter dichter am Test-IC liegt. Das führt zu einer stärkeren Verzerrung des Feldes als bei 10 mm.

Damit ist die Messgenauigkeit bei der Verwendung des 10 mm Distanzringes höher. Wenn jedoch dabei die Feldstärke bei maximaler Generatorspannung zur Beeinflussung des Test-ICs nicht ausreicht, kann der 3 mm hohe Distanzring gewählt werden.

Beim Übergang vom 10 mm Distanzring auf den 3 mm Distanzring wird die magnetische Flussdichte um den Faktor 2 erhöht (unter Vernachlässigung der Rückwirkung durch den Test-IC).

Der gewählte Distanzring wird auf die Groundplane **GND 25** aufgesetzt (**Bild 26**). Anschließend wird die Feldquelle **P1202-2** in die obere Aussparung des Distanzringes eingesetzt. Die Feldquelle kann im Distanzring gedreht werden. Damit kann die Richtung des Magnetfeldes, das den Test-IC durchdringt, geändert werden. Es können stufenlos alle Richtungen von 0-360° eingestellt werden.

Für die Auswertung von Signalen aus dem Test-IC kann der Oszilloskop-Adapter **OA 4005** und das Connection Board **CB 0708** verwendet werden.

Für die Steuerung des Test-ICs kann das Connection Board **CB 0708** und die Control Unit **CU 22** verwendet werden. Die Beschreibung und Verschaltung dieser Teile sind im Benutzerhandbuch **ICE1** beschrieben. Der praktische Aufbau eines Prüfplatzes ist im **Bild 27** zu sehen.

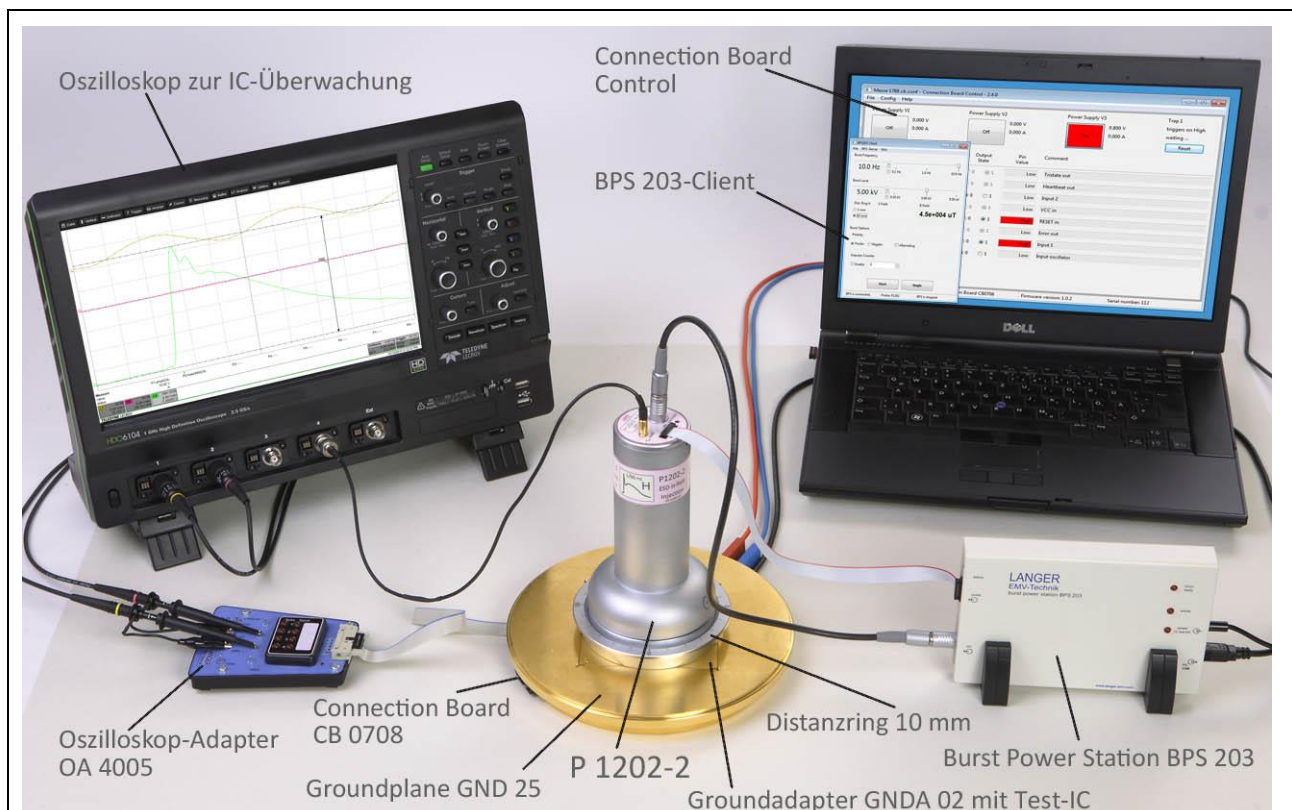


Bild 27 Der Prüfaufbau mit dem Probe-Set **P1202-2** und der Testumgebung ICE1

Die aufgeführten Geräte sind in folgenden Anleitungen beschrieben:

Aufgabe	Anleitung
<ul style="list-style-type: none"> Anleitung für die Entwicklung der Testleiterkarte Testablauf 	Anleitung IC-Test (im Lieferumfang ICE1)
<ul style="list-style-type: none"> Burst Power Station BPS 203 	Benutzerhandbuch BPS 203 (im Lieferumfang)
<ul style="list-style-type: none"> Groundplane GND 25 Connection Board CB 0708 Oszilloskop-Adapter OA 4005 Monitoring und Steuerung des Test-ICs Control Unit CU 22 	Benutzerhandbuch ICE1 (im Lieferumfang ICE1)
<ul style="list-style-type: none"> Oszilloskop PC 	Bedienungsanleitung des Herstellers

Tabelle 2

1.4 Durchführung der Prüfung

Es gibt zwei Möglichkeiten, den Prüfplatz zu betreiben.

1. Bedienung des Prüfplatzes von Hand

Über die Bedienoberfläche der Software **BPS 203-Client** werden die **BPS 203** und damit die **P1202-2** gesteuert. Die Impulsparameter werden an der Bedienoberfläche der Software eingestellt. Dabei müssen die Monitoring-Signale (Quellen: Oszilloskop, Oszilloskop-Adapter, Connection Board oder Lösung des Anwenders) vom Bediener ausgewertet werden.

2. Automatischer oder halbautomatischer Prüfplatz

Ein automatischer Prüfplatz ist von der Art der Monitoring-Signale des Test-ICs abhängig. Es obliegt dem Anwender, automatische oder halbautomatische Lösungen zu entwickeln (Beratung durch Langer EMV-Technik GmbH, mail@langer-emv.de).

Im PC des Prüfplatzes müssen Monitoring-Signale des Test-ICs ausgewertet werden können. Die Quellen der Monitoring-Signale sind das Oszilloskop in Verbindung mit dem Oszilloskopadapter **OA 4005** und das Connection Board oder Lösungen des Anwenders.

Der Anwender kann über ein DLL-Interface (im Lieferumfang) **BPS 203** und Connection Board **CB 0708** über LABView oder Vee (Keysight) steuern. Die Beschreibung erfolgt in den Bedienungsanleitungen **BPS 203** und dem Benutzerhandbuch ICE1 (Connection Board **CB 0708**).

Die **BPS 203** besitzt einen externen Triggereingang. Über diesen Triggereingang kann die Impulsauslösung der **P1202-2** mit einem vom Anwender zur Verfügung gestellten Signal erfolgen.

1.4.1 Prüfablauf

Der Test-IC wird in Funktion getestet (ggf. spezielle Firmware erforderlich, siehe „Anleitung IC-Test“). In der Prüfung wird im Allgemeinen die Störgröße (ESD-Magnetfeld) stufenweise erhöht. Pro Stufe wird eine definierte Pulszahl ausgelöst.

Die Frequenz der Pulswiederholung wird fest im BPS 203-Client eingestellt. Es kann eine definierte Pulszahl oder Einwirkzeit verwendet werden. Die notwendige Einwirkdauer auf den Test-IC für jede Stufe hängt von der Trefferwahrscheinlichkeit der Störsenke im Test-IC ab. Erfahrungsgemäß reichen Prüfzeiten von ca. 1 Minute für die meisten Anwendungen aus. Bei zu geringer Trefferwahrscheinlichkeit sind längere Testzeiten erforderlich. Die Testzeiten sind weiterhin vom Sicherheitsanspruch der späteren Verwendung des ICs abhängig.

Vorgehensweisen sind im Kapitel 3 der „Anleitung IC-Test“ beschrieben (im Lieferumfang **ICE1**). Wenn aus dem Test-IC über die Monitoring-Signale Störungen des ICs signalisiert werden (Monitoring Oszilloskop-Adapter **OA 4005**, LEDs der Groundplane **GND 25**, Connection Board **CB 0708** mit Weiterleitung an den PC, Anwenderlösungen), ist im Allgemeinen die **P1202-2** über die Bedienoberfläche der Software abzuschalten. Im Besonderen kann die Spannung weiter gesteigert werden bis weitere Fehler auftreten (Monitoring Oszilloskop-Adapter **OA 4005**, LEDs der Groundplane **GND 25**, Connection Board **CB 0708** mit Weiterleitung an den PC, Anwenderlösungen). **Es besteht dabei die Gefahr, dass der IC zerstört wird.** Die Gefahr kann verringert werden, wenn die Stromversorgung des ICs überwacht (Connection Board) bzw. begrenzt wird. Im Fehlerfall kann über eine Notabschaltvorrichtung die Versorgungsspannung unterbrochen werden. Die Notabschaltung muss vom Anwender konstruiert werden. Sie kann automatisch vom PC oder von Hand über eine die Control-Unit **CU 22** oder über Anwenderlösungen erfolgen.

Während des Betriebes des Prüfplatzes entsteht ein ESD-Magnetfeld in der Feldkammer der Feldquelle. Es ist darauf zu achten, dass während der Beaufschlagung die Feldkammer aus Sicherheitsgründen nicht geöffnet wird. Die Feldquelle ist nur mit durch Distanzring und Groundplane geschlossener Feldkammer zu betreiben.

1.4.2 Überprüfung der Kurvenform des Prüfimpulses

Die Kurvenform des Probe-Stroms (i_p) und des ESD-Magnetfeldes ist vor jeder größeren Messaufgabe zu prüfen. Falls keine Abweichung von den Kurvenform-Parametern vorliegt, erfolgt die Kalibrierung der Feldquellen alle 2 Jahre durch **Langer EMV-Technik GmbH**.

Die Überprüfung der Kurvenform ist in den Kapiteln **1.2.4** bzw. **1.2.5** beschrieben.

2 Sicherheitshinweise

Dieses Produkt richtet sich nach den Anforderungen der folgenden Bestimmungen der europäischen Union: 2004/108/EG (EMV-Richtlinie) und 2006/95/EG (Niederspannungsrichtlinie).

Wenn Sie ein Produkt der Langer EMV-Technik GmbH nutzen, bitte beachten Sie die folgenden Sicherheitshinweise, um sich selbst gegen elektrischen Schlag oder das Risiko einer Verletzung zu schützen.

Lesen und befolgen Sie das Benutzerhandbuch und bewahren Sie es für die spätere Nutzung an einem sicheren Ort auf. Die Anwendung des Gerätes ist von auf dem Gebiet der EMV sachkundigen und für diese Arbeiten unter Einfluss von Störspannungen und ESD-Felder (elektrisch und magnetisch) geeignetem Personal auszuführen.

- Die Bedienungs- und Sicherheitshinweise aller jeweils eingesetzten Geräte sind zu beachten.
- Beschädigte oder defekte Geräte dürfen nicht benutzt werden.
- Machen Sie vor der Inbetriebnahme eines Messplatzes mit einem Produkt der Langer EMV-Technik GmbH eine Sichtprüfung. Beschädigte Verbindungskabel sind vor Inbetriebnahme zu tauschen.
- Lassen Sie ein Produkt der Langer EMV-Technik GmbH während der Funktion nicht ohne Überwachung.
- Das Produkt der Langer EMV-Technik GmbH darf nur für Anwendungen genutzt werden, für die es vorgesehen ist. Jede andere Nutzung ist nicht erlaubt.
- Träger von Herzschrittmachern dürfen nicht mit dem Gerät arbeiten.
- Grundsätzlich sollte der Prüfaufbau über eine gefilterte Stromversorgung betrieben werden.
- **Achtung! Bei Betrieb der Feldquelle, können funktionsbedingt Nahfelder und Störaussendungen entstehen. Aufgabe des Anwenders ist es, Maßnahmen zu treffen, dass Produkte, die außerhalb der betrieblichen EMV-Umgebung installiert sind, in ihrer bestimmungsgemäßen Funktion nicht beeinträchtigt werden (insbesondere durch Störaussendung).**

Das kann erfolgen durch:

- Einhalten eines entsprechenden Sicherheitsabstandes
- Verwenden geschirmter oder schirmender Räume

Während des Betriebes des Prüfplatzes entsteht ein Störfeld in der Feldkammer der Feldquelle. Es ist darauf zu achten, dass während der Beaufschlagung der Feldkammer aus Sicherheitsgründen diese nicht geöffnet wird. Die Feldquelle ist nur mit durch Distanzring und Groundplane geschlossener Feldkammer zu betreiben.

Für durch unsachgemäße Nutzung entstandene Schäden wird keine Haftung übernommen.

- Die in Baugruppen eingespeisten Störgrößen können funktionsbedingt bei zu starker Einwirkung zu Zerstörungen (z. B. Latch-up) im Prüfling führen. Schutz bietet:
 - Vorschalten eines Schutzwiderstandes in die Stromversorgung des ICs
 - schrittweises Erhöhen der Störgröße, Abbruch bei Funktionsfehler
 - Unterbrechen der Stromversorgung des Prüflings im Latch-up-Fall.

Achtung! Es ist zu sichern, dass interne Funktionsfehler von außen erkennbar sind. Wenn Funktionsfehler nicht erkennbar sind, kann bei Störbeaufschlagung der Prüfling zerstört werden. Gegebenenfalls sind folgende Methoden anwendbar:

- Überwachung repräsentativer Signale im Prüfling
- spezielle Prüfsoftware
- sichtbare Reaktion des Prüflings auf Eingabehandlungen (Reaktionstest des Prüflings).

Für die Zerstörung von Prüflingen kann keine Haftung übernommen werden!

3 Gewährleistung

Langer EMV-Technik GmbH wird jeden Fehler aufgrund fehlerhaften Materials oder fehlerhafter Herstellung während der gesetzlichen Gewährleistungsfrist beheben, entweder durch Reparatur oder mit der Lieferung von Ersatzgeräten.

Die Gewährleistung gilt nur unter folgenden Bedingungen:

- den Hinweisen und Anweisungen der Bedienungsanleitung wurde Folge geleistet.

Die Gewährleistung verfällt, wenn:

- am Produkt eine nicht autorisierte Reparatur vorgenommen wurde,
- das Produkt verändert wurde,
- das Produkt nicht bestimmungsgemäß verwendet wurde.

4 Technische Daten

Feldquelle P1202-2	
Maße (Höhe/Breite/ Tiefe)	180 x 95 x 95 mm
Gewicht P1202-2	850 g
Pulsstrom I_p max.	360 A
Erzeugte max. magnetische Flussdichte B (h = 3 mm)	8,3 mT
Pulswiederholfrequenz	0,1 – 10 Hz
Pulsform (Bild 6)	1 / 60 ns
Spannungsbereich U_p	0,1 – 9,5 kV
Shunt	0,1 Ω
Messausgang	50 Ω (SMB)
Stromkorrekturfaktor am Oszilloskop	26 dB

4.1 Eigenschaften der Magnetfeldquelle P1202-2

4.1.1 Magnetfeldquelle P1202-2, Probekontanten

h [mm]	K1 [$\mu\text{T/A}$] oder [$\text{pVs/mm}^2\text{A}$]	K2 [$\text{mV/mm}^2\text{A}$]	L_h' [pH/mm^2]
3	24,4	25,7	24,4
10	12,4	12,7	12,4
	$B = K1 \cdot i_p$	$U_{ind} = K2 \cdot A_{IC} \cdot I_p$	$u_{ind} = L_h' \cdot A_{IC} \cdot \frac{di_p}{dt}$

Tabelle 3 Magnetfeldquelle **P1202-2**, Probekontanten

4.1.2 Störgrößen der P1202-2 in Abhängigkeit von der Hochspannung U_p

U_p [kV]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5
i_p [A]	36	72	108	144	181	217	253	289	325	340
B [mT] h = 3 mm	0,878	1,77	2,6	3,5	4,4	5,3	6,2	7	7,9	8,3
B [mT] h = 10 mm	0,44	8,9	1,3	1,75	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,15
U_{IC} [V] $A_{IC} = 10 \text{ mm}^2$ h = 10 mm	4,45	8,9	13,4	17,8	22,3	26,7	31,2	35,6	40	42,3

Tabelle 4 Störgrößen der Magnetfeldquelle **P1202-2** in Abhängigkeit von der Hochspannung U_p

4.1.3 Shunt 0,1 Ohm P1202-2

Bandbreite	3 GHz
Fehler	ca. 10 %
Maximaler Pulsstrom	360 A

Tabelle 5 Shunt 0,1 Ohm **P1202-2**

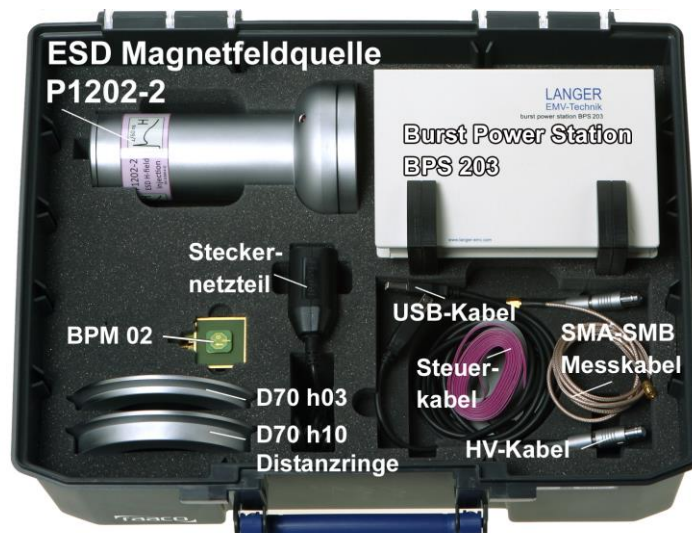
4.1.4 E-Feldunterdrückung P1202-2

	U_p / I_p [V / A]	E_p / I_p [V / cm A] h = 3 mm	E_p / I_p [V / cm A] h = 10 mm
P1202-2	4,8	16	4,8

Tabelle 6 E-Feldunterdrückung E_p / I_p der Feldquellen **P1202-2** in Abhängigkeit vom Scheitelwert des Speisestroms I_p , (**Bild 25**)

5 Lieferumfang

Pos.	Bezeichnung	Typ	Stck.
1	ESD-Magnetfeldquelle	P1202-2	1
2	Distanzring 3 mm	D70 h03	1
3	Distanzring 10 mm	D70 h10	1
4	Hochspannungskabel (HV-Kabel)	HV 1 m	1
5	Messkabel	SMA-SMB 1 m	2
6	Flachbandkabel	FBK 12P 1 m	1
7	Ë-Feldmesser	BPM 02	1
8	Burst Power Station	BPS 203	1
9	USB-Kabel	USB B	1
10	Steckernetzteil	12 V, 1 A	1
11	CD mit Software Treiber für Windows, DLL	BPS 203-Client	1
12	Koffer		1
13	Kurzanleitung		1
14	Benutzerhandbuch	BPS 203	1
15	Benutzerhandbuch	P1202-2	1



Es ist nicht erlaubt ohne die schriftliche Zustimmung der Langer EMV-Technik GmbH, dieses Dokument oder Teile davon zu kopieren, zu vervielfältigen oder elektronisch zu verarbeiten. Die Geschäftsführung der Langer EMV-Technik GmbH übernimmt keine Verbindlichkeiten für Schäden, welche aus der Nutzung dieser gedruckten Informationen resultieren.