

## Elektromagnetische Einflüsse

bei Einsatz von Ecobus Energie-Flachkabelsystemen mit integriertem Datenbus

Eine moderne Gebäudeinstallation fordert die Steuerung und Automatisierung möglichst aller haustechnischen Funktionen.

Während man mit der bisherigen elektrischen Gebäudeinstallation lediglich Energie verteilen und bei Bedarf schalten kann, werden die neuen Anforderungen an die moderne Haustechnik durch unser Ecobus Energie-Flachkabelsystem mit integriertem Datenbus erfüllt.

Gleichzeitig bieten sich für betriebstechnische Anlagen im Gegensatz zu der bisherigen Installationstechnik folgende Vorteile:

- Sehr wirtschaftliche Installation
- Flexible Nachinstallationen bei Umbauten oder Nutzungsänderungen
- Abisolierfreies Arbeiten
- Reduzierung der Montagezeit durch Vorkonfektionierung
- Funktionen der Bus-Datenleitung frei umprogrammierbar
- Verknüpfung unterschiedlichster haustechnischer Gewerke
- Sicherstellung des ökonomischen und wirtschaftlichen Ablaufs
- Zukunftsichere moderne Gebäudeinstallation
- Energie- und Betriebskostensenkung
- Zentrales, dezentrales oder automatisches Steuern
- Minimierung der Kabellänge
- Herabsetzen der Brandlast

Der Vorteil des Ecobus Energie- und Flachkabelsystems mit integriertem Datenbus liegt in der hohen Flexibilität und der Zeitersparnis bei der Erstellung, Änderung oder Erweiterung der Installation. Die Funktionszuordnung erfolgt lediglich durch die freie Programmierung eines jeden Busteilnehmers. Das Bussystem besteht aus Sensoren und Aktoren. Jeder Busteilnehmer stellt dabei seine eigene Intelligenz und muß nicht zentral gesteuert werden.

Um die Sensoren und Aktoren sicher zu verbinden, wird unser ecobus Energie-Flachkabelsystem mit integriertem Datenbus eingesetzt.

Bei der Konzeption des ecobus Energie-Flachkabelsystems stellten sich folgende Fragen

1. Darf ein Starkstromkabel mit einer Busleitung gemeinsam geführt werden?
2. Wie verhalten sich die elektromagnetischen Einflüsse eines parallel geführten Starkstromkabels zu einer nicht verdrehten Busleitung ?

Diese Fragen wollen wir auch Ihnen gerne Beantworten

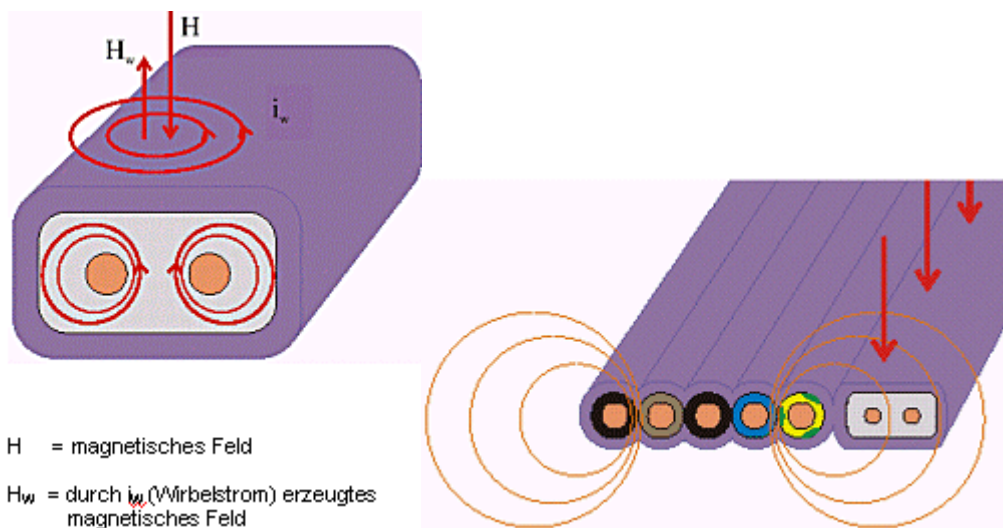
### 1. Gemeinsame Verlegung

Hierzu sagt die EIBA (European Installation Bus Association)

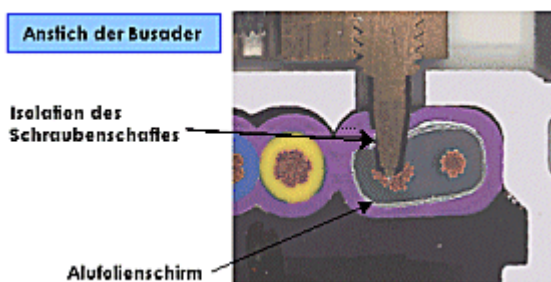
- "Isolierte Adern von Starkstrommantelleitungen und die Installationsbusleitung dürfen ohne Abstand verlegt werden."
- aus Blitzschutzgründen "Schleifen sind zu vermeiden. Bus- und Starkstromleitungen sind möglichst dicht nebeneinander zu verlegen."

## 2. Elektromagnetischen Einflüsse

Um die abisolierfreie Installation und die Kontaktierung sowohl für die Energieadern als auch für den Busteil zu ermöglichen, wurden die Adern parallel, angeordnet. Diese Flachkabel-Konstruktion hat neben verlegetechnischen- und Installationsvorteilen auch eine wesentlich bessere Wärmeabgabe und damit höhere Reserven bei Überlastungen als ein Rundkabel mit gleichen Aderquerschnitten. Für den kompromisslosen Schutz der Datenleitern gegen äussere Störeinflüsse wurde eine leitfähige Abschirmung des Datenkabels gewählt.



Die mehrschichtige Aluminiumfolie wurde nach experimentellen Voruntersuchungen so dimensioniert, dass die Datenübertragung nicht beeinträchtigt wird und gleichzeitig hervorragenden Schutz gegen Störeinflüsse bietet. In Kombination mit den Anschlussdosen, unter Verwendung von isolierten Piercing - Schrauben, kann das System schnell, arbeitsparend und zuverlässig installiert werden.



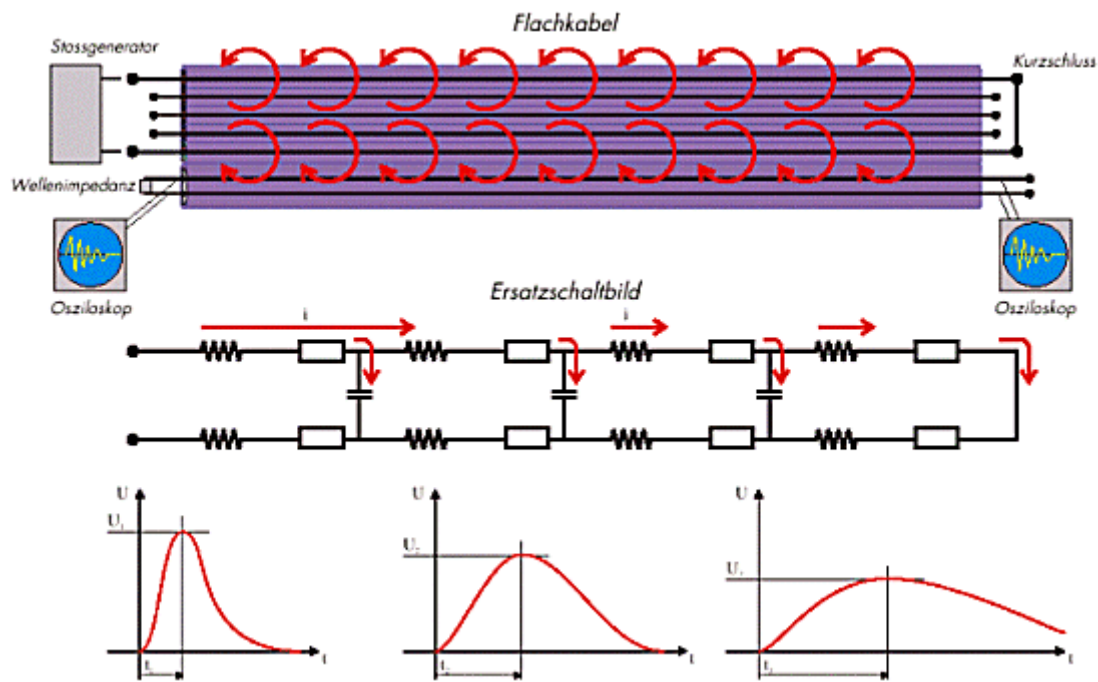
Die Schutzwirkung der Abschirmung bei verschiedenen Kabellängen wurde bei KEMA (Arnhem NL) überprüft und protokolliert.

### Messanordnung:

Bei der Prüfung wurde die möglichst ungünstigste Anordnung (und in der Praxis unwahrscheinlicher Fall) gewählt, in dem der schnellverlaufende Hochspannungs - Störimpuls in dem Energiekabel auf Kurzschluss trifft und der hin- und zurückfliessender Strom in der grösstmöglichen Schlaufe fliesst. Die Kontaktierung wurde praxisgerecht mit Piercing - Schrauben verwirklicht.

Die in dem Datenkabel induzierte Spannungen und deren Verlauf wurde an beiden Enden mit Speicheroszilloskop registriert.

Die Spannungsform und Prüfmethode entsprach der EN 61000-4-5, (Elektromagnetische Verträglichkeit(EMV), Klasse 3) die für diese Anwendung in Gebäuden ein Testpegel von 2 kV vorschreibt.



Kabel: ECOBUS Combi 5 x 2,5 + 2 x 1,5 mm<sup>2</sup>

Resultate:

$U_{imp} = 2kV \ +/-$	Länge [m]	Nahes Ende		Weites Ende	
		U+ [V]	U- [V]	U+ [V]	U- [V]
-	100	29.6	16.8	19.2	28.0
+	100	19.2	28.0	29.6	16.8
-	200	31.2	16.0	17.6	29.6
+	200	17.6	27.2	30.4	16.0
-	300	36.0	16,8	18.4	33.6
+	300	18.4	32.8	36.0	16.8

Für die sichere Anwendung bei der Gebäudetechnik muss die Induzierte Störspannung, wegen der angeschlossenen, empfindlichen elektronische Geräten unter 50 V bleiben. (EIB)

Die angewendete Stossspannung erzeugt auf dem kurzgeschlossenen Leiter einen, dem Impedanz entsprechenden, Stromstoss. Durch magnetische Einkoppelung wird im Datenkabel Spannung induziert.

Mit grösseren Kabellängen steigt die Impedanz der Schleife, der Stromimpuls und das entstehende Magnetfeld wird entsprechend kleiner. Der durchlaufende Impuls verliert ausserdem an Steilheit (Dispersion) und dadurch verringert sich die änderungsgeschwindigkeit des magnetischen Feldes. Die pro Längeneinheit Induzierte Spannung wird kleiner.

Mit der Kabellänge wächst aber die Einkoppelung des magnetischen Feldes, folglich die gesamt induzierte Spannung.

Als Ergebnis steigt bei den gemessenen Kabellängen die induzierte Spannung (positive und negative Spitze) nicht proportional und bleibt unter dem erlaubten Niveau.

Das ECOBUS Flachkabel, mit der Folienschirm Konstruktion erfüllt die EMV Anforderungen und kann als sicheres Verkabelungssystem für die Gebäudeautomation verwendet werden.

**Grundsätzliche Betrachtungen zum elektrischen und magnetischen Feld**

Ein elektrisches Kabel steht in dem Betriebszustand unter Spannung und führt einen Strom. Durch die Spannung entsteht in der Umgebung ein elektrisches Feld, der Stromfluss verursacht ein magnetisches Feld.

**Die Wirkung des elektrischen Feldes**

Das elektrische Feld ist bei den üblichen Spannungen (einige 100 oder 1000 V) auch in unmittelbarer Nähe des Kabels sehr klein.

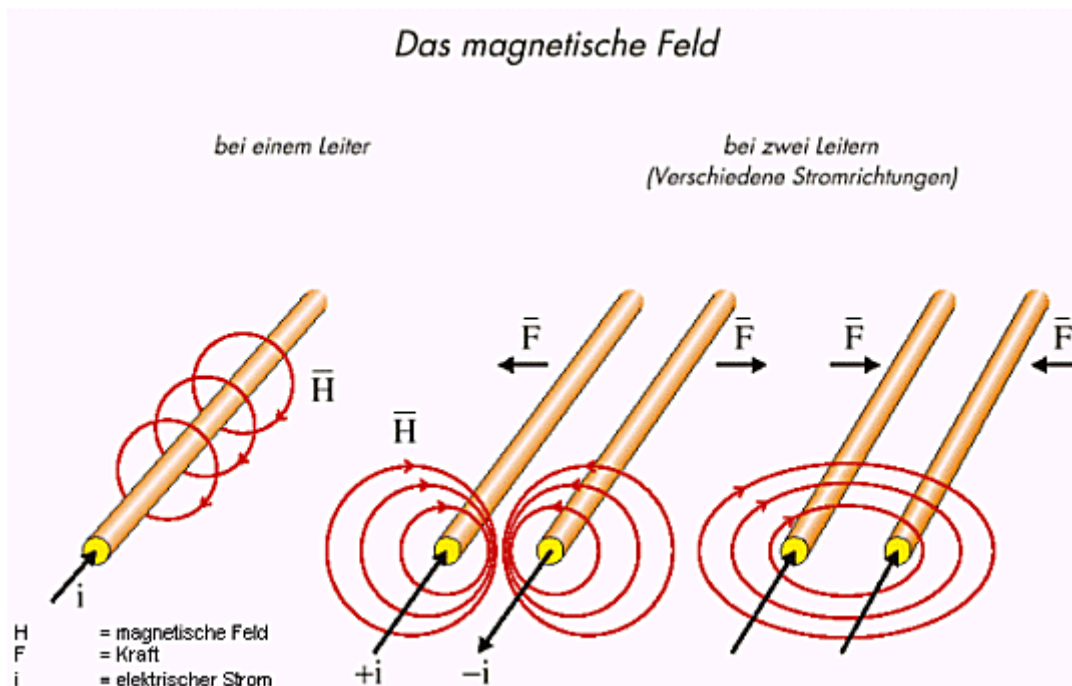
Die elektrostatische Aufladung des menschlichen Körpers, wie die z.B. beim Kämmen oder Tragen von Kleider aus syntetischen Materialien, verursachen x tausendfach stärkere Felder.

Sowohl genaue Berechnungen als auch Messungen mit den empfindlichsten Messgeräten liefern überzeugende Beweise, dass in diesen Fällen eine Beeinflussung durch die elektrischen Felder, nicht auftreten kann.

Auch aus den rein physikalischen Überlegungen ist es leicht verständlich. Bei diesen Spannungen ist die, durch das auftretende rein elektrische Feld übertragbare Energiemenge so klein, dass es für merkbare Änderungen, Störungen nicht ausreicht.

**Die Wirkung des magnetischen Feldes**

Wenn elektrische Ladungen sich bewegen entsteht auch ein magnetisches Feld. So bildet sich ein magnetisches Feld um den Leiter herum, wenn Strom fließt. (Beim Gleichstrom wird z.B. ein in der Nähe gehaltener Kompass auf dieses Feld reagieren. Beim Wechselstrom kann der Kompass den schnellen Änderungen nicht mehr folgen.)



Bei den, im Kabel üblichen Stromstärken, ab einigen Ampere, kann das magnetische Feld schon Energiemengen übertragen, die zumindest in der unmittelbaren Umgebung wesentliche Wirkungen ausüben können.

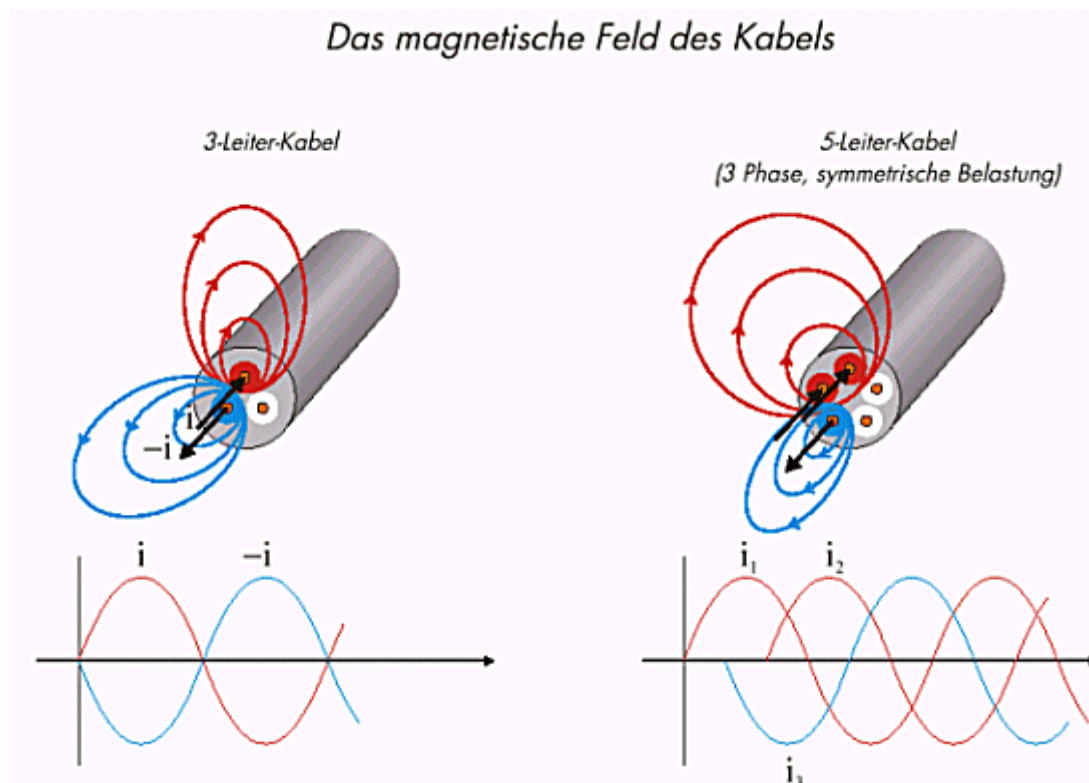
So wird beispielsweise auch bei den Elektromotoren das Drehmoment über ein Magnetfeld erzeugt. Beim stromdurchflossenen Leiter bildet sich ein zylindrisches Magnetfeld, das in der Stärke mit zunehmender Distanz zum Leiter stark abnimmt. Bei Wechselstrom ändert sich das magnetische Feld der Stromänderung entsprechend pulsierend.

Durch die Änderung des magnetischen Feldes entsteht wiederum ein elektrisches Feld und in diesem Feld liegt zwischen beliebigen Punkten, je nach deren Lage, Spannung an. (Elektromagnetische Induktion: wurde von Maxwell beschrieben) Auf diesem Weg kann der Wechselstrom in seiner Umgebung Spannung und, wenn leitfähiges Material vorliegt, auch Strom induzieren. (Prinzip des Transformators) Bei parallel verlegten Kabeln kann die induzierte Spannung und der Strom, ohne Gegenmassnahmen, zu erheblichen Störungen führen. Die Störimpulse beeinflussen die Signalübertragung und bei empfindlichen Geräten können sie sogar zu Geräteschaden führen.

In einem Kabel sind mehrere Leiter zusammengefasst, der Strom fliesst zum Verbraucher und zurück. Somit bildet sich eine Schleife, bei der sich die erzeugte magnetische Felder addieren. Zwischen den Leitern verstärken sich die Felder, ausserhalb wirken entgegengesetzt und deshalb baut sich das Feld mit zunehmender Distanz sehr rasch ab. Daraus folgt: je näher die Leiter beieinander liegen, desto beschränkter wirkt ihr Magnetfeld. In der Entfernung von 4 - 5 x Leiterdistanz ist das Magnetfeld nur noch 1-2 % von dem an der Kabeloberfläche.

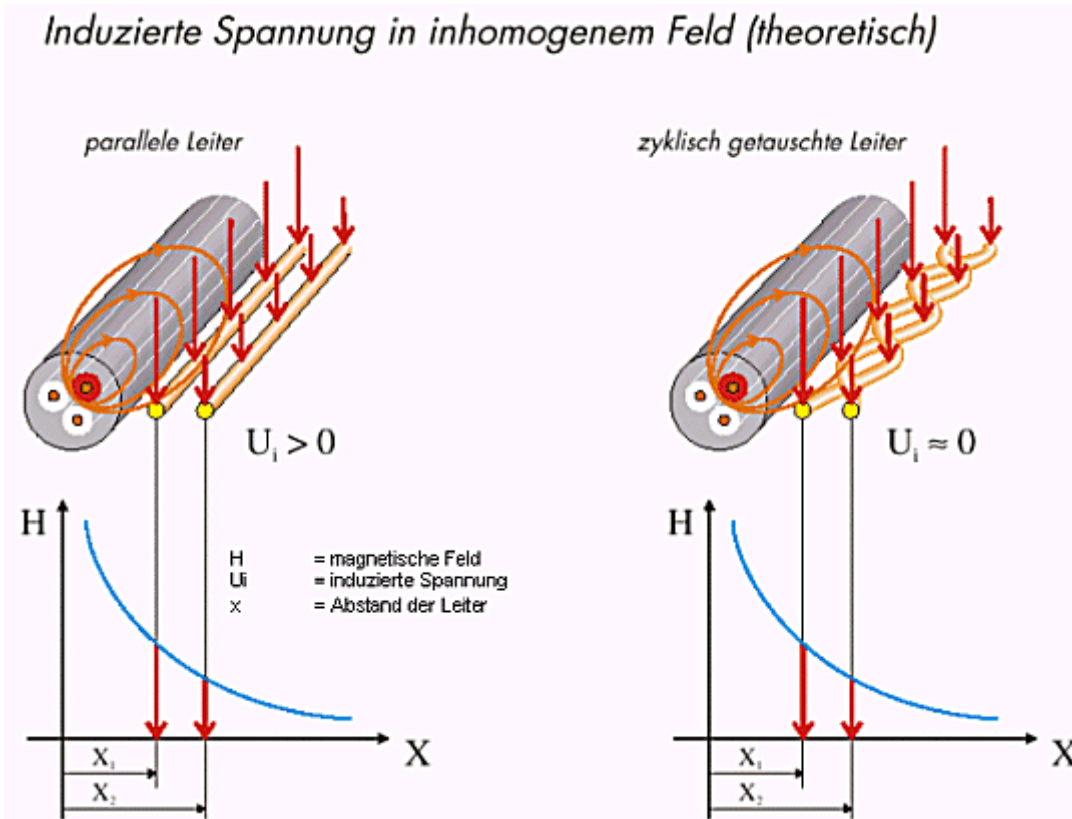
Der minimale Leiterabstand in einem Kabel ist aber durch die notwendige Isolationswanddicke gegeben und kann nicht beliebig reduziert werden.

Mit einem verbleibenden magnetischen Feld in der unmittelbaren Kabelnähe muss bei jeder Konstruktion und Geometrie gerechnet werden.



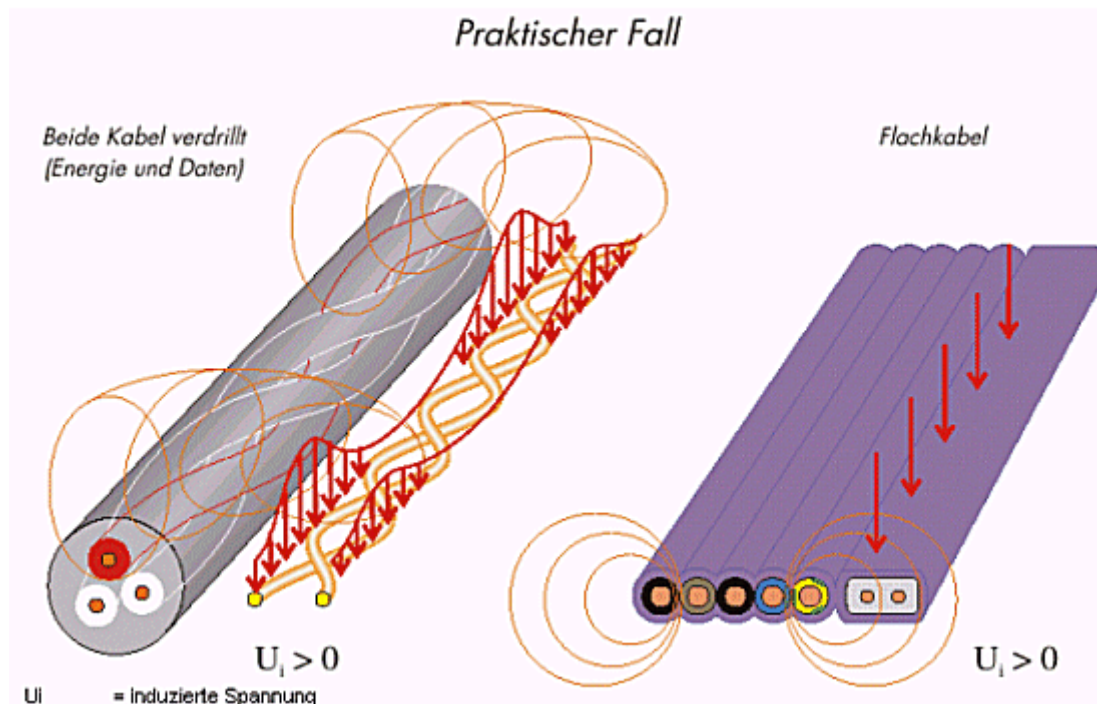
Beim 3-Phasen System ändert sich das Bild nicht prinzipiell. Die Summe aller Ströme in einem bestimmten Querschnitt ist in jedem Zeitpunkt 0, aber die von den einzelnen Strömen verursachten magnetischen Felder gleichen sich erst bei grösseren Distanzen aus. Wenn, in der unmittelbaren Nähe eines Energiekabels, ein Kabel für empfindlichere Signalübertragung verlegt wird, muss mit der magnetischen Beeinflussung gerechnet, bzw. dessen Höhe überprüft und geeignete Gegenmassnahmen getroffen werden.

In dem Datenkabel verlaufen mindestens 2 Adern, mit unterschiedlicher Distanz zum Energiekabel. Die induzierte Spannung ist unterschiedlich gross und, je nach parallelgeführter Leitungslänge, kann an den angeschlossenen Geräteeingängen das erlaubte Niveau überschreiten.



Die Energiekabel führen nicht nur den Betriebsstrom, sondern übertragen verschiedene Störimpulse (Spannung und Strom) aus dem angeschlossenen Energienetz. Je nach Schutzgrad und Koordination können Spannungsimpulse Sogar bis mehrere tausend Volt Höhe auftreten, die bei geschlossenem Leiter entsprechend grosse Stromimpulse verursachen.

Da die induzierte Spannung mit der Änderung des Magnetfeldes proportional ist, lösen schnell verlaufende Impulse entsprechend grössere induzierte Störspannungen aus.



Mehradrige Kabel werden (fast immer) verseilt hergestellt. Durch die Verseilung werden die gewünschten mechanischen Eigenschaften, vor allem die Flexibilität, erreicht. Durch die Verseilung wechseln die Adern laufend ihre Position. Diese Geometrie führt aber keinesfalls zu einem besseren Abbau des Magnetfeldes, sondern lediglich dazu, dass die bisher mit der Kabelachse parallel verlaufende momentane, maximale Feldstärke eine Spiralform annimmt.

### Schutzmassnahmen gegen induzierte Störspannungen

#### 1. Verseilen der Datenadern

Die einfachste und kostengünstigste Methode ist, das Datenkabel zu verseilen. Durch das regelmässige Tauschen der Ader ändert sich die Distanz zum Energiekabel laufend. Es wird angenommen, dass sich die induzierten Spannungen in den einzelnen Adern im Idealfall ausgleichen und an den angeschlossenen Geräteklemmen keine Störspannung auftritt. Die Praxis sieht aber anders aus. Durch das Verseilen des Energiekabels treten entlang des Kabels an der Stelle der Datenleitung verschiedene magnetische Feldstärken auf. Die induzierte Spannung wird je nach Verhältnis der Schlaglängen einmal addiert, einmal subtrahiert, die Wirkung ist eher zufällig, im unglücklichen Fall kann sogar ein verstärkender Effekt auftreten. Von anderen Quellen stammende Magnetfelder, die örtlich und inhomogen einwirken, können mit dem Verseilen der Datenadern auch nicht kompensiert werden.

Ein sog. "Twisted Pair" bietet deshalb nur einen scheinbaren Schutz gegen induzierte Störspannungen.

## 2. Schutz mit zusätzlichen Elementen (Abschirmung)

### a.) Ferromagnetischer Metallschirm

Die Induktion (magnetische Flussdichte) hängt von dem durchgefluteten Material ab. Sogenannte ferromagnetische Materialien (z.B. Stahl) leiten den Magnetischen Fluss mehr als tausendmal besser als Vakuum, Luft oder die, gewöhnlich im Kabel verwendeten, Isoliermaterialien.

Wenn das zu schützende Datenkabel mit einem ferromagnetischen Schirm umgeben wird, so werden die Flusslinien des magnetischen Feldes umgelenkt und die Adern umgehend erst auf der anderen Seite des Schirmes austreten. Das Kabelinnere bleibt praktisch frei von einem äusserem magnetischem Feld. Somit wird in das Datenkabel bei Magnetfeldänderungen keine Störspannung induziert.

Die Methode kann das Kabel sehr wirksam gegen alle äussere magnetische Beeinflussung schützen. Der geschlossene ferromagnetische Metallschirm hat aber auch auf die Kabeleigenschaften eine sehr starke Einwirkung. Auch die Datenkabel leiten Impulse, Ströme, begleitet mit dem eigenen magnetischen Feld. Dieses Eigenfeld verdichtet sich auch in dem Metallschirm und bei schnellen Änderungen (hohe Frequenzen, steile Impulse) welches zusätzliche Verluste verursacht. Die Energie für die, mit der Ummagnetisierung zusammenhängende, Verluste wird von der Impulsenergie genommen, und in Wärme umgewandelt. Dadurch werden die nützliche Signale kleiner. Die Dämpfung des Kabels steigt.

### b.) Leitfähiger (nicht ferromagnetisch) Schirm

Die Magnetfeldänderungen verursachen nicht nur im Datenkabel, sondern auch in allen umgebenden Teilen induzierte Spannungen und, je nach Leitfähigkeit derer Teile, Ströme. Diese Ströme erzeugen auch ihre magnetische Felder. Wie überall in der Physik, die Änderungen auf eine äussere Einwirkung richten sich gegen den Verursacher, so auch hier, das entstehende magnetische Feld zeigt gegen das Ursprüngliche.

Wenn das Kabel flächendeckend mit leitfähigem Material abgeschirmt wird, dann entstehen unter der Einwirkung von sich ändernden äusseren magnetischen Felder sogenannte Wirbelströme deren Feld gegen das äussere gerichtet wird. Als Ergebnis wird das Feld im Schirminneren abgeschwächt. Je nach Schirmkonstruktion und -leitfähigkeit kann mit dieser Methode, das Datenkabel gegen induzierte Spannungen wirksam geschützt werden. Durch die Anwendung dieses Schirmes werden die Übertragungseigenschaften des Kabels nur geringfügig beeinflusst.

Die Wahl der gewählten Schutzmassnahmen unterliegt gleichzeitig auch anderen Kriterien. Anwendungsgebiet, Montagefreundlichkeit, gewünschte mechanische Eigenschaften, Flexibilität, Gewicht, Robustheit und auch die Kosten spielen dabei eine wesentliche Rolle