

Application Note



USB 2.0 über REDFIT IDC SKEDD Steckverbinder

ANE014 // STEFAN SCHILPP IN KOOPERATION MIT GÜNTHER KLENNER VON **K&X Prime**

1 Übertragung eines USB 2.0 Signals mit dem REDFIT IDC SKEDD

Bei der einfachen Signalweiterleitung von einem USB- auf eine Flachbandleitung koppeln vom Stromleiter häufig Gegentaktstörungen in die Datenleitungen ein. Durch zwei zusätzliche Masseadern gelingt es, die Gegentaktstörungen in Gleichtaktstörungen zu wandeln, welche sich mit einem Datenleitungsfilter eliminieren lassen. In Kombination mit den Vorteilen der SKEDD Technologie lassen sich sehr kostengünstige und wartungsfreundliche Anbindungen an USB-Anschlüsse realisieren.

Geräteentwickler stehen immer wieder vor der Herausforderung, die Bedienelemente an der Gehäusefront mit den USB-Anschlüssen an der Geräterückseite platzsparend, kostengünstig und ohne Minderung der Signalqualität zu verbinden. Blickt man in das Gehäuseinnere, so sind die Platinen in der Regel mit Flachbandleitungen verbunden (Abbildung 1).



Abbildung 1: Bei dieser fiktiven Maschinensteuerung ist der USB-Anschluss am Front-Panel mit der Steuerplatine an der Panel-Rückseite mit REDFIT IDC-Steckverbindern und einem Flachbandkabel verbunden.

Der Grund: Da die Interface Leitung im Gehäuse verbaut ist, braucht sie im Gegensatz zu Leitungen im Außenbereich keine so hohe Schirmung und ist somit preiswerter. In Kombination mit dem REDFIT IDC -Steckverbinder in SKEDD-Technologie (Abbildung 2) können weitere Kosten eingespart werden: Er benötigt auf der Leiterplatte keinen Gegenstecker (Abbildung 3) und kann von Hand mit der Platine verbunden werden.

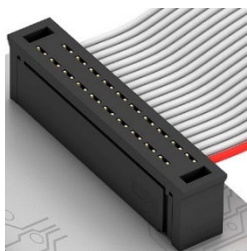


Abbildung 2: SKEDD Technologie spart Steckverbindersockel ein

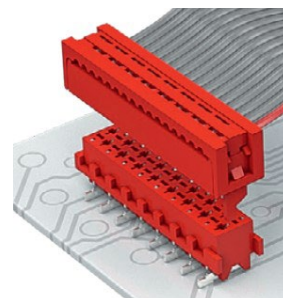


Abbildung 3: Herkömmliche Steckverbinderlösung mit Gegenstecker

Application Note

USB 2.0 über REDFIT IDC SKEDD Steckverbinder



Die Lösung spart nicht nur Platz und Bauhöhe ein, sie ist darüber hinaus in mehrerer Hinsicht sehr kosteneffektiv. So müssen auf der Leiterplatte lediglich die Durchgangsbohrungen für den Steckverbinder eingebracht und beschichtet werden, ein anschließender THT-Lötprozess für den Gegenstecker entfällt. Durch die Möglichkeit der beidseitigen Bestückung und werkzeuglosem Stecken und Lösen der Verbindung, kann zum Beispiel der Austausch eines defekten Kabels wesentlich schneller erfolgen. Die Schneidklemmtechnik (IDC) verschafft hier einen zusätzlichen Zeitvorteil. (Weitere Vorteile der SKEDD Technologie finden Sie in der [ANE011 SKEDD Technologie, Vorteile und Anwendung](#). Den Steckverbinder mit einem Layoutbeispiel zeigt Abbildung 4)



Abbildung 4: REDFIT IDC SKEDD Steckverbinder mit Platinenlayout

Allerdings besteht das Problem, dass es bei der Übertragung von USB 2.0 über vier Leitungen für Spannung VBUS, Datenpaar D- / D+ und Masse GND zu einer asymmetrischen Störung des Nutzsignals kommen kann, die sich nicht unterdrücken lässt. Einen Verlust der Signalqualität in Kauf nehmen, nur weil Anschluss und Bedienung auf den gegenüberliegenden Seiten des Geräts liegen sollen? Nicht mit der einfachen, aber dennoch trickreichen Idee von Würth Elektronik. Diese nutzt nämlich die Tatsache aus, dass der IDC-Steckverbinder unter anderem auch mit sechs Pins verfügbar ist, und sich mit einem weiteren Massepaar eine Gleichtaktstörung erzeugen lässt, die eine stromkompensierende Drossel filtern kann.

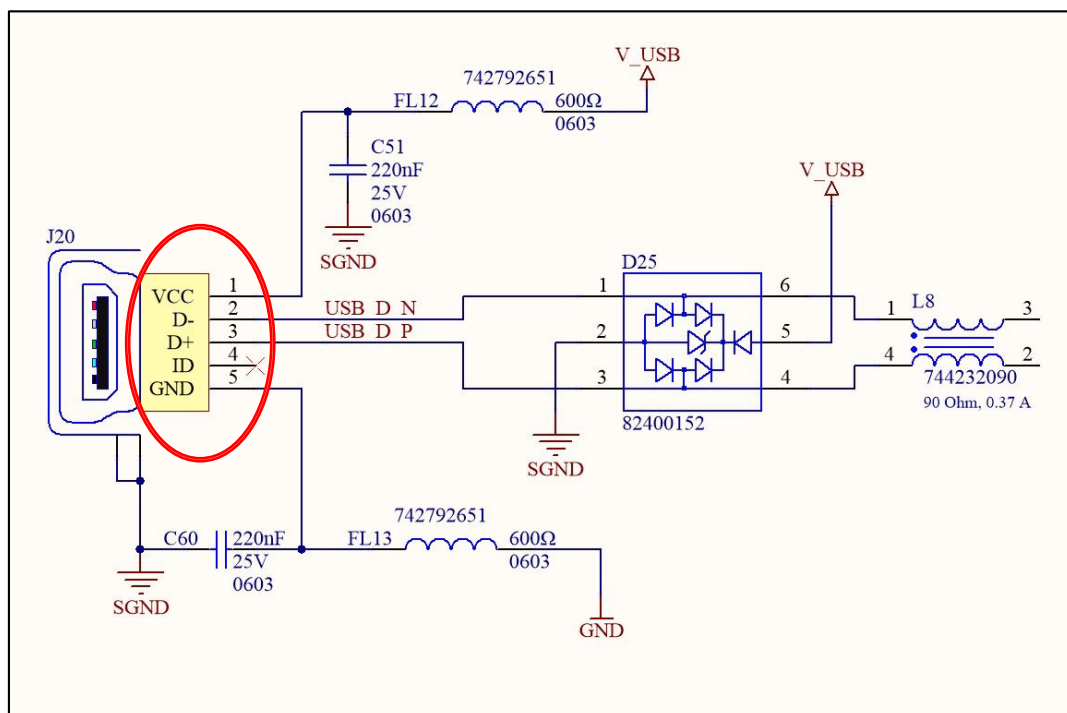


Abbildung 5: Beispiel einer Eingangsbeschaltung mit den 4 USB-Leitungen

Application Note



USB 2.0 über REDFIT IDC SKEDD Steckverbinder

2 Aus Gegentakt wird Gleichtakt

Normalerweise sollte eine vierpolige Verbindung wie Abb. 6 zeigt ausreichen, insbesondere wenn bereits an der USB-Buchse richtig gefiltert wird. Jedoch treten in der Praxis immer wieder Störungen von der Stromquelle auf. Diese lässt sich wie nachfolgend mit einer sechspoligen Verbindung vermindern.

Bei der einfachen Weiterleitung des USB-2.0-Signals über vier Flachbandleitungen (GND, D+, D-, V_{BUS}) fließt der Strom durch die Ader für die Versorgungsspannung in entgegengesetzter Richtung auf der Masseader zurück (Abbildung 6). Die Störungen, die aufgrund der unterschiedlichen Lasten im Stromnetz entstehen, koppeln sich von der Versorgungssader in die benachbarte D+-Ader ein, die entsprechenden Störungen auf der Masseleitung in die D--Ader. Die Störungen der Stromversorgung übertragen sich auf den Datenleitungen also nicht in einem common, sondern in einem differential mode, und lassen sich somit nicht mehr ausblenden. Verwendet man jedoch sechs Leitungen (GND, D+, D-, GND, V_{BUS} , GND), lässt sich dieses Phänomen umgehen (Abbildung 7). Durch diese Anordnung der Leitungen laufen die Störungen auf den Masseleitungen neben dem Datenpaar in dieselbe Richtung, koppeln sich also im common mode in das Datenpaar ein. Störungen, die in gleicher Richtung laufen, lassen sich sehr einfach durch common mode chokes filtern. (Weitere Informationen finden sie in der Application Note [ANP024: Das USB Interface aus EMV Sicht](#)).

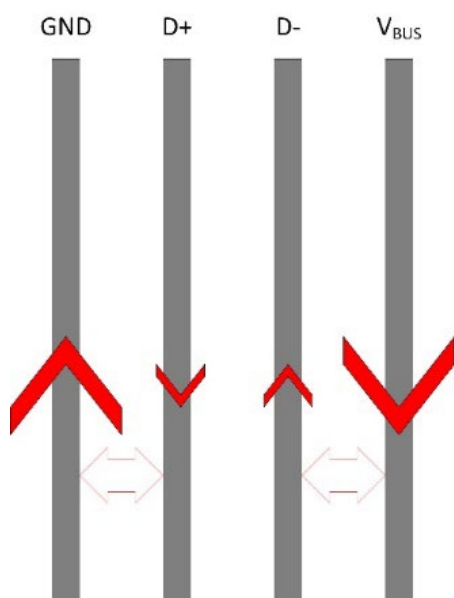


Abbildung 6: Eine Gegentaktstörung entsteht dadurch, dass sich Störungen auf den Leitungen GND und V_{BUS} in gleicher Richtung in die benachbarten Leitungen D- und D+ einkoppeln.

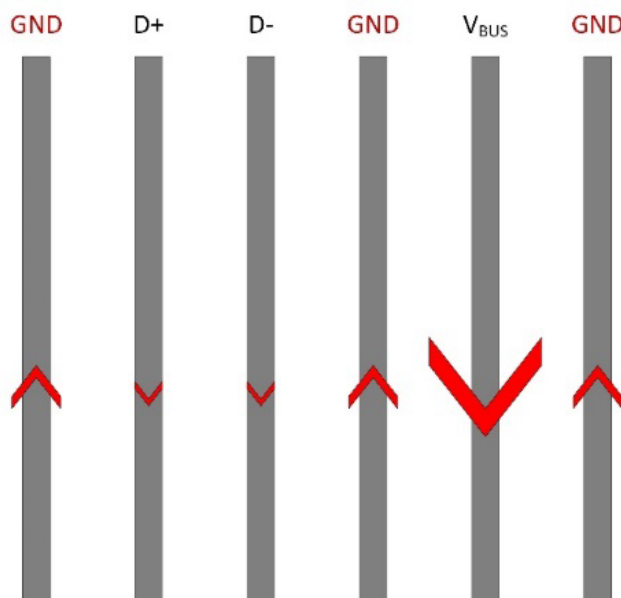


Abbildung 7: Weil die Störungen auf den GND-Leitungen alle in dieselbe Richtung laufen, koppeln sie sich auch auf den Datenleitungen im common mode ein. Diese Gleichtaktstörung lässt sich filtern.

Application Note

USB 2.0 über REDFIT IDC SKEDD Steckverbinder



3 Die Impedanz bestimmt die Leitungslänge

USB 2.0 ist mit einem maximalen Strom von 1 A definiert. Diese Begrenzung liegt auch bei einer Flachbandleitung vor, ebenso ist der SKEDD-Stecker für diese Stromstärke spezifiziert. Dennoch ist die Übertragung von USB 2.0 über ein 6-adriges Flachband nicht unbegrenzt möglich. Die USB-2.0-Spezifikation schreibt für das Kabel eine Impedanz zwischen $76,5 \dots 103,5 \Omega$ vor, gemessen bei einer differentiellen Übertragung. Eine Flachbandleitung ist gemäß IPC-TM-650 für einen asymmetrischen Aufbau (GND, D, GND) in ihrer Impedanz $Z = 105 \Omega$ bestimmt. Da es sich bei einer USB Übertragung nicht mehr um einen asymmetrischen Aufbau handelt, muss die dort vorliegende asymmetrische Impedanz als differentielle Version Z_{DD} ermittelt werden. Liegt diese außerhalb der USB-2.0-Spezifikation, kann das Flachbandkabel nur bis zu einer gewissen Länge verwendet werden. Und diese ist abhängig von der Übertragungsrate. Wie lang also die Übertragungsstrecke in einem Gehäuse sein darf, erklärt die folgende Impedanz-Abschätzung, illustriert in Abbildung 8.

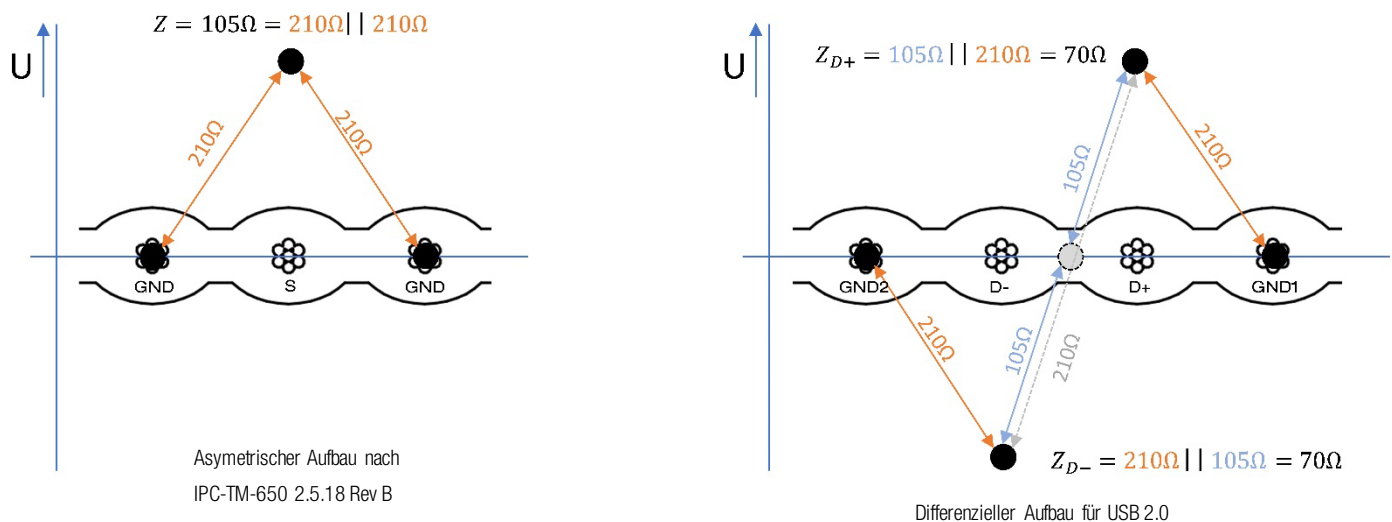


Abbildung 8: Übertragung einer asymmetrischen Impedanz in ein differenzielles System

Die Impedanz der Datenleitung des asymmetrischen, 3-phasigen Flachbandkabels beträgt 105Ω , d.h. die Impedanzen der beiden Masseleitungen zur Datenleitung betragen jeweils 210Ω , da $105 \Omega = 210 \Omega \parallel 210 \Omega$. Überträgt man dieses Prinzip auf die beiden Datenleitungen und die sie umschließenden Masseleitungen des 6-adrigen Flachbandkabels, ergibt sich zwischen den Datenleitungen ein virtueller Nullpunkt, also ein virtueller Ground. In Reihenschaltung gesehen liegen zwischen dem virtuellen Ground und den Potenzialen der Leitungen D+ und D- jeweils 105Ω vor, weshalb man GND2, D+ und virtueller Ground sowie virtueller Ground, D+ und GND1 als zwei Systeme mit asymmetrischen Aufbau ansehen kann. Für jedes System gilt: $Z_D = 210 \Omega \parallel 105 \Omega = 70 \Omega$. Weil sich Z_{D-} und Z_{D+} mit jeweils 70Ω gegenüberstehen, ergibt sich ein Z_{DD} von $2 \times 70 \Omega = 140 \Omega$, was über dem erlaubten Bereich der USB 2.0-Spezifikation ($76,5 \dots 103,5 \Omega$) liegt. Die Differenz der Leitungsimpedanzen von $Z_0 = 90 \Omega$ (Mittenimpedanz von USB 2.0) und $Z_{DD} = 140 \Omega$ (6-adriges Flachband) transformiert die Lastimpedanz der Flachband-Seite aufgrund der nicht korrekten Anpassung bis zu einem Wert von knapp 218Ω . Dies ist im schlechtesten Fall mehr als das Doppelte der geforderten $Z_0 = 90 \Omega$, das heißt es liegt eine Fehlanpassung von einem VSWR $< 1:2,4$ beziehungsweise eine Rückflussdämpfung $< -7,5 \text{ dB}$ vor. Dies muss bei der Datenübertragungsrate berücksichtigt werden.

4 Übertragungsrate abhängig von der Leitungslänge

Kabellängen im Meterbereich sind bei der USB-Fullspeed-Übertragung mit 15 Mbps möglich, da die Grundfrequenz bei $f_{1\text{max}} = 7,5 \text{ MHz}$ liegt, die der 3. Oberwelle bei $f_{3\text{max}} = 22,5 \text{ MHz}$ ($\lambda = 13,3 \text{ m}$). Die größte Impedanztransformation findet bei $\lambda/4$ statt, was einer Kabellänge von $3,3 \text{ m}$ entspricht. Für diese USB-Datenübertragung ist die Kombination aus 6-adriger Flachbandleitung und IDC-Steckverbinder in SKEDD-Technologie ideal. Nicht nur, weil man sich wegen der Impedanzanpassung keine weiteren Gedanken machen muss. Ein weiterer positiver Effekt der Übertragung mit sechs Adern ist auch, dass auf den Außenadern immer eine Masseverbindung vorliegt. Bei einer Beschädigung der Flachbandleitung, die meistens die Außenleitungen betrifft, liegt dann eine Masseverbindung offen. Diese erzeugt bei einem Kontakt mit dem Gehäuse noch keine Störung der

Application Note



USB 2.0 über REDFIT IDC SKEDD Steckverbinder

Datenübertragung. Zudem ist ein Kontakt mit Masse meist weniger gefährlich als ein Kurzschluss einer Leitung mit Versorgungsspannung, wie es bei der 4-adrigen Variante der Fall wäre. Darüber hinaus hilft die Erweiterung um zwei Masseadern auch, eventuelle Querströme auf der Gehäusemasse zu minimieren, die sonst sehr schnell zu EMV-Problemen führen können.

Bei der Highspeed-Übertragung mit 480 Mbps eines USB-2.0-Signals als Rechteckimpuls beträgt die maximale Grundfrequenz $f_{1\max} = 240 \text{ MHz}$. Damit der Puls tatsächlich als reiner Puls und nicht als Sinus abgebildet wird, werden die Anteile der 3. Oberwelle benötigt, die bei $f_{3\max} = 3 \times 240 \text{ MHz} = 720 \text{ MHz}$ liegen. Bei dieser Frequenz beträgt die Wellenlänge $\lambda = 40 \text{ cm}$. Die volle Impedanztransformation findet bei $\lambda/4$ statt, also bei 10 cm. Bei $\lambda/10$ ($= 4 \text{ cm}$) hingegen ist die Transformation vernachlässigbar. Damit aber das Flachbandkabel für die Highspeed-Übertragung von USB 2.0 im Gehäuse länger als 4 cm sein kann, wird wegen der vorliegenden Fehlanpassung von 50Ω nur die Grundwelle mit $\lambda/2 = 120 \text{ cm}$ betrachtet, aus der sich eine unkritische Leitungslänge von 12 cm ergibt. Grob gesagt bedeutet dies also, dass bei einer Leitungsimpedanz von $Z_{DD} = 140 \Omega$ eine sichere Datenübertragung bei einer Kabellänge von bis zu 10 cm möglich ist.

Application Note

USB 2.0 über REDFIT IDC SKEDD Steckverbinder



WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht. Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch weder eingeräumt noch

ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

www.we-online.de/apnotes



REDEXPERT Design Plattform

www.we-online.de/redexpert



Toolbox

www.we-online.de/toolbox



Produkt Katalog

www.we-online.de/produkte

KONTAKT INFORMATION

apnotes@we-online.de

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg · Germany
www.we-online.de

