VIDEO  
ONLINE

Teil 2

# LEDs mit Intelligenz – RGB-LED-Matrix mit WS2812B

Nachdem wir uns im ersten Teil dieses Artikels mit den Grundlagen beschäftigt haben, begeben wir uns nun in die Praxis. In diesem Bauvorschlag wird eine LED-Matrix mit RGB-LEDs vorgestellt, die aus einer Matrix von 15 x 15 LEDs vom Typ WS2812B besteht. Die LEDs werden von einem Controllerbaustein über einen seriellen Bus angesteuert. Der Anwender kann individuelle Muster erstellen und per USB bzw. SD-Karte zur Matrix übermitteln. Es lassen sich somit fertige als auch eigene Farbmuster/-verläufe erstellen.

## Eigener Kreativität ihren Lauf lassen

Entgegen unseren sonstigen Bausatzprojekten wollen wir an dieser Stelle einen Bauvorschlag vermitteln. Warum? Sieht man sich realisierte Projekte in dieser Technik an, wird man keine zwei gleichen Konfigurationen und mechanischen Ausführungen finden, zu vielfältig sind die Möglichkeiten, die die flexiblen WS2812B-Stripes und Einzel-LEDs bieten. Hier dürfte jeder seine eigenen Vorstellungen haben.

In diesem Artikel wird hingegen in einer Schritt-für-Schritt-Beschreibung gezeigt, wie man eine solche LED-Matrix praktisch aufbaut. Alle (natürlich getesteten) elektronischen Komponenten werden im Einzelnen beschrieben, ebenso zahlreiche praktische Aufbau- und Behandlungshinweise gegeben. So stellt auch das Gehäuse nur eine von vielen möglichen Ideen dar, hier kann jeder nach seiner Fassung tätig werden. Elektronische Grundkenntnisse sowie handwerkliches Geschick sind also unabdingbar für dieses kreative Projekt!

## Funktion

In Bild 1 ist das Blockschaltbild der Schaltung dargestellt, es zeigt alle benötigten Komponenten. Die LED-Matrix besteht aus einzelnen zugeschnittenen Stripen, die über einen seriellen Bus verbunden sind. Die Anzahl der LEDs kann natürlich nach Bedarf variiert werden, denn die Ansteuerschaltung (Controller) ist universell konfigurierbar. So kann der hier auch vorgeschlagene LED-Player bis zu 512 LEDs ansteuern, womit man eine 24x21-LED-Matrix realisieren könnte. Wie dieser LED-Bus im Detail funktioniert, wurde im ELVjournal 3/2015 [1] bereits beschrieben. Auch im Datenblatt der LEDs (WS2812B) [2] finden sich hierzu zahlreiche Informationen. Das Schöne an dieser seriellen Ansteuerung ist der sehr geringe Verdrahtungsaufwand.

Die eigentliche LED-Matrix wird von einem speziellen Controller angesteuert, der das TPM2-Format [3] unterstützt. Wir haben uns für einen Controller der Firma Diamex entschieden. Es stehen unterschied-

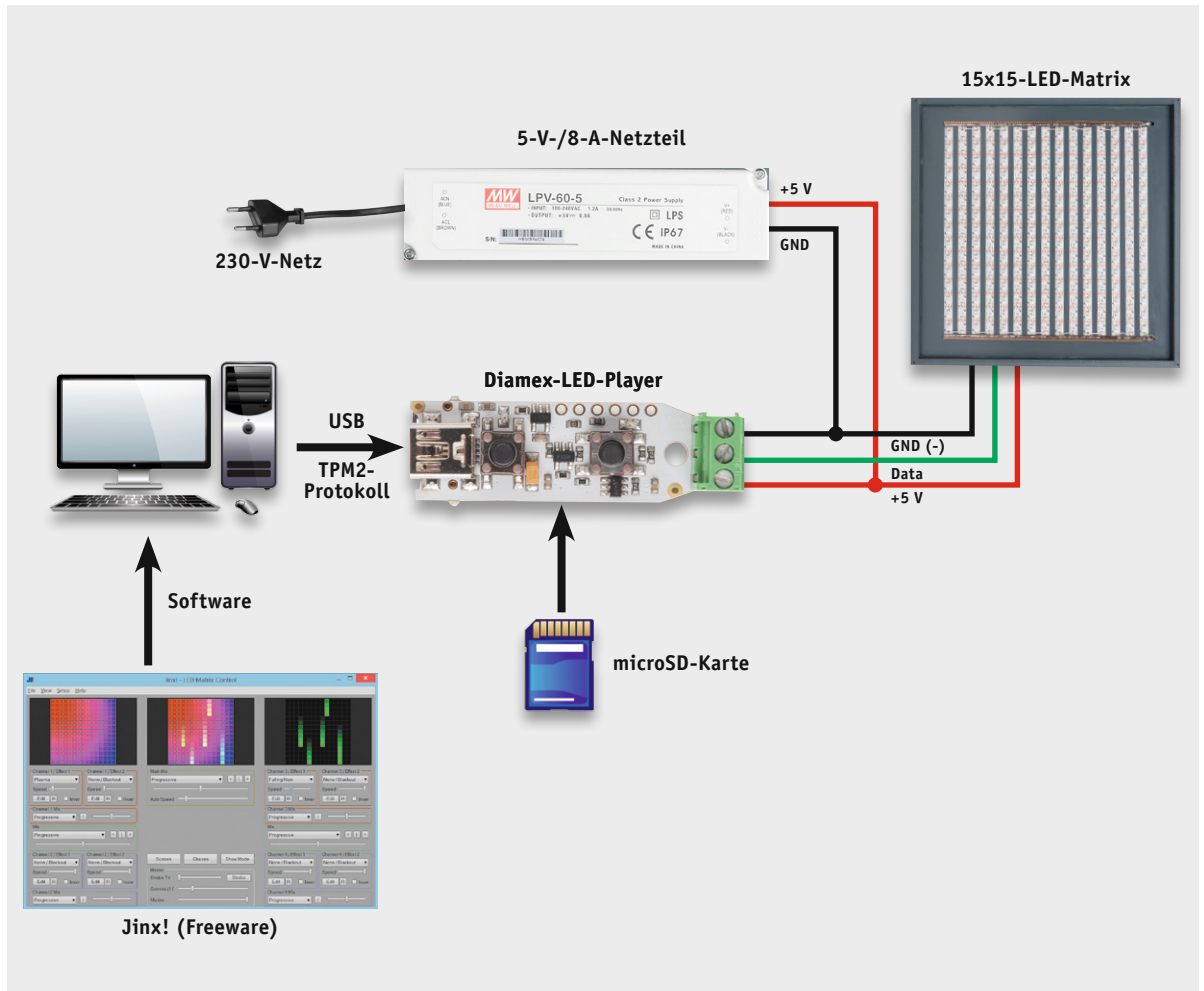


Bild 1: Blockschaltbild der LED-Matrix

liche Ausführungen zur Verfügung (siehe Bild 2 und Bild 3). So kann z. B. eine Variante mit integriertem Kartenleser (SD-Karte) eingesetzt werden, die einen autarken Betrieb ohne PC erlaubt. Farbmuster werden einfach auf der SD-Karte gespeichert und im Stand-alone-Betrieb abgespielt.

Zusätzlich zur Abspielfunktion von der Speicherkarte kann der LED-Player aber auch zur direkten Verbindung mit einem PC genutzt werden, und man kann von diesem Sequenzen abspielen lassen. Ein spezielles Protokoll namens TPM2 [3] sorgt für den Informationstransfer zwischen PC und Controller. Als PC-Software bietet sich die tolle Freeware Jinx! [4] an, die über zahlreiche Steuerungsmöglichkeiten verfügt.

Sehr wichtig, siehe auch die diesbezüglichen Erläuterungen im ersten Teil des Artikels, ist ein leistungsstarkes Netzteil, denn die Stromaufnahme ist nicht zu unterschätzen. Bei 15x15-LEDs ergibt sich eine Gesamtzahl von 225 LEDs. Die Stromaufnahme liegt bei max. 8 A (alle LEDs/Farben und volle Helligkeit). Auch muss die Versorgungsspannung von 5 V genau eingehalten werden.

### Die Komponenten im Detail

Wenden wir uns den einzelnen Komponenten unseres Bauvorschlags zu.

#### WS2812B-LEDs

Die wichtigsten Komponenten sind natürlich die

LEDs. Zum Einsatz kommen RGB-LEDs mit einem seriellen Bus vom Typ WS2812B [2].

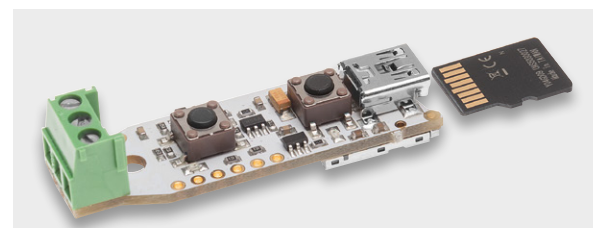


Bild 2: Der Diamex-LED-Player für WS2812-LEDs mit SD-Kartenleser



Bild 3: Der Diamex-LED-Controller M für WS2812-LEDs mit Fernbedienung

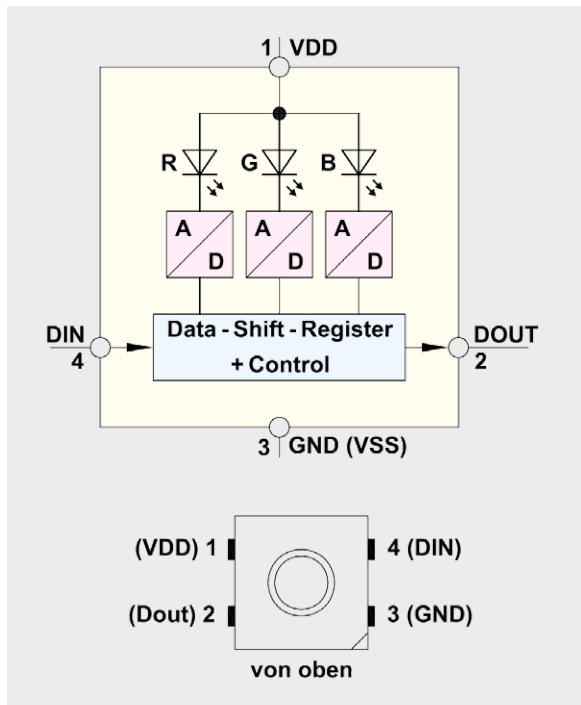


Bild 4: Blockschaltbild und Anschlussbelegung einer WS2812B

In Bild 4 ist das Blockschaltbild und die Anschlussbelegung einer WS2812B dargestellt.

Die LEDs sind auf einer Rolle (Bild 5) erhältlich und können beliebig auf die gewünschte Länge gekürzt werden. Somit lassen sich aus einer 4-m-Rolle, die mit 240 LEDs bestückt ist, 15 Stripes à 15 LEDs zuschneiden. Wichtig hierbei ist, dass der Abstand der LEDs genau 17 mm beträgt, um ein homogenes Lichtmuster zu erreichen.

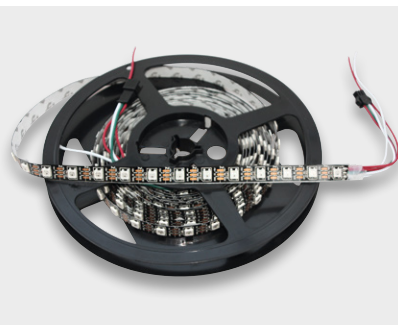


Bild 5: LED-Stripes mit WS2812B, hier als Einzelstreifen und auf der 4-m-Rolle

### Controller

Wie schon erwähnt, kommen hier die RGB-Controller der Firma Diamex zum Einsatz. Es kann zwischen den beiden Controllern „LED-Player“ (Bild 2) und dem „LED-Controller M“ (Bild 3) gewählt werden. Der LED-



Bild 6: Sicher und leistungsfähig – Schaltnetzteil der Meanwell-Reihe LPV-60-5

Player hat den Vorteil, dass Programme (Muster) auf einer SD-Karte gespeichert werden können. Somit ist ein PC-unabhängiger Stand-alone-Betrieb möglich. Der zweite Controller „LED-Controller M“ hat keinen SD-Kartenleser, verfügt dafür aber über eine Fernbedienung, über die der Controller individuell bedient werden kann. So ist es möglich, Farben direkt auszuwählen, verschiedene Effekte ablaufen zu lassen und aus insgesamt 60 vorprogrammierten Programmen zu wählen.

Beide Controller können, wie bereits erwähnt, über eine USB-Schnittstelle mit einem PC verbunden und so direkt vom PC aus gesteuert werden. Das erweitert natürlich die Möglichkeiten erheblich, so kann man hier u. a. auch Videos abspielen oder die Lichteffekte an Musik koppeln. Da das TPM2-Format auch für Programmierer entwickelt wurde, die ihre Applikationen über dieses Protokoll ausgeben können, sind sogar Videospiele wie etwa die Klassiker „Snake“, „Pacman“, Tennis oder „Tetris“ auf einer solchen Matrix möglich.

### Netzteil

Im Prinzip kann jedes Netzteil mit einer Spannung von 5 V und einem minimalen Ausgangsstrom von 8 A verwendet werden. Wir empfehlen das in Bild 6 abgebildete Netzteil der Firma Meanwell. Dieses Schaltnetzteil weist kompakte Abmessungen auf, erzeugt wenig Verlustleistung und somit Wärme, und es ist komplett vergossen, somit berührungssicher und gegen Feuchtigkeit geschützt. Wer eine eigene 230-V-Installation ganz umgehen will, kann auch zum komplett konfektionierten Netzteil greifen, das einen festen bzw. steckbaren Netzkabelanschluss besitzt.

### PC-Software Jinx!

Als PC-Software bietet sich die kostenlose Software Jinx! an, die von Sven Karschewski programmiert wurde und als Freeware zur Verfügung steht. Es stecken sicherlich sehr viele Stunden Programmierarbeit hinter dieser Software, weshalb wir dem Programmierer ein großes Dankeschön für dieses tolle Programm senden. Das Programm kann unter [4] heruntergeladen werden.

Kennzeichen des Programms sind eine einfache Bedienung und der großartige Funktionsumfang. Jede beliebige Matrix und auch die Reihenfolge der LEDs sind konfigurierbar. Dutzende vorgefertigte Szenen, die Einbindung von Videodateien, ja sogar von Webcam-Bildern und für Fortgeschrittene von

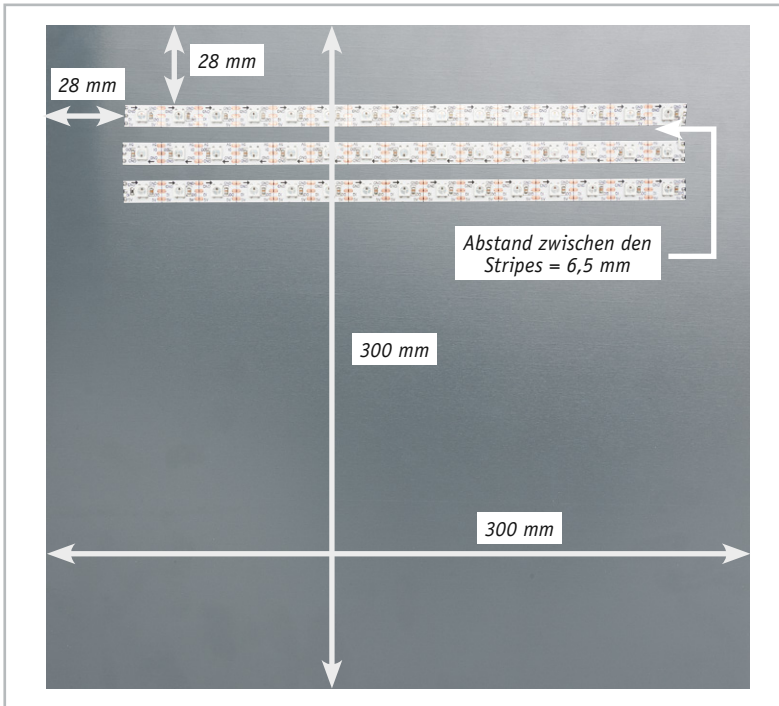


Bild 7: Abmessungen der Montageplatte (Frontplatte) mit Hinweisen zur Platzierung der LED-Stripes

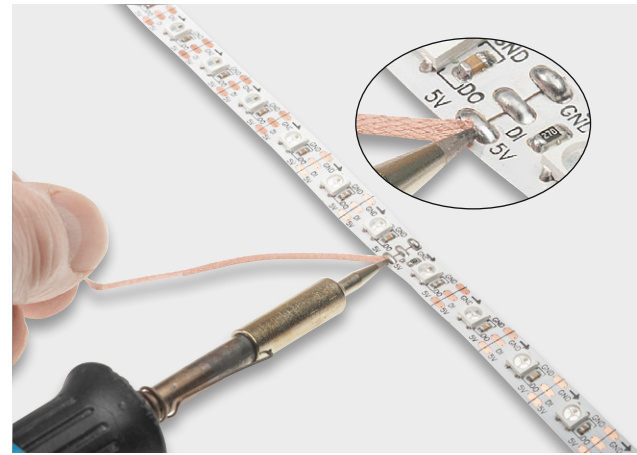


Bild 8: Im Abstand von 15 LEDs wird der LED-Stripe aufgetrennt, hier sind die Lötbrücken zu entfernen.



### Sicherheitshinweis:

Aus Sicherheitsgründen muss das Gehäuse auf der Rückseite geschlossen sein, da hier die Zuführung der Netzspannung erfolgt!

eigenen Scripts sind möglich. Näheres zur Programmkonfiguration für unsere Matrix findet sich im Abschnitt „Installation“.

### Gehäuse

Das Gehäuse bzw. die Montageplatte ist nicht fertig erhältlich. Im einfachsten Fall besteht das Gehäuse nur aus einer Montageplatte, auf der die LED-Stripes aufgeklebt werden. Auf der Rückseite können das Netzteil und der LED-Controller montiert werden (Bild 7).

Die Abmessungen der Montageplatte betragen, passend zu unserer 15x15-Matrix, 300 x 300 mm. Als Material kann Kunststoff oder auch eine Holzplatte zum Einsatz kommen. Das fertige Gehäuse kann individuell gestaltet werden. Als Frontplatte empfiehlt sich Plexiglas der Firma Evonik in grauer Färbung für eine gute, homogene Lichtverteilung. Dieses Material kann unter [5] fertig zugeschnitten bestellt werden. Wer selbst zuschneiden will, wird zu günstigen Preisen auch unter [6] fündig.

### Aufbau

Als Erstes werden die LED-Stripes zugeschnitten. Aus einer Rolle mit 4 m Länge können 15 Stripe-Abschnitte mit jeweils 15 LEDs ausgeschnit-

ten werden. In der Regel werden die Stripen für die Rolle vom Hersteller in Segmente zu je 15 LEDs zusammengesetzt. Dies ist für uns günstig, denn diese Verbindung kann einfach per Lötcolben und Entlötlitze (Bild 8) gelöst werden, und wir erhalten einen Abschnitt mit 15 LEDs. Ist diese „Sollbruchstelle“ nicht vorhanden, wird an dieser Stelle der Streifen mit einer scharfen Schere durchgeschnitten. Meist ist die Schnittlinie bereits vorgedruckt.

Zu beachten ist, dass es eine festgelegte Datenrichtung gibt, also einen Daten-Ein- und -Ausgang. Die Datenrichtung ist mit einem Pfeil markiert, DI bedeutet Dateneingang, DO entsprechend Datenausgang, siehe dazu auch [1] und [2].

Hat man die 15 Stripen zugeschnitten, werden diese mittels des Doppelklebebands auf der Rückseite der Montageplatte aufgeklebt. Hier muss ganz genau gearbeitet werden, damit sich ein homogenes Gesamtbild ergibt. Der Abstand der LEDs auf dem Stripe beträgt 17 mm. Somit muss der Abstand zwischen zwei Stripen so gewählt werden, dass sich ebenfalls ein Abstand von 17 mm zu den benachbarten LEDs auf dem parallel verlaufenden Stripe ergibt (Bild 9).

Ein Abstand von 6,5 mm zweier Stripen zueinander ergibt im Normalfall den exakten Abstand. Dies kann je nach Produktionscharge aber unterschiedlich sein. Deshalb gilt hier: genau nachmessen. Hilfreich können sowohl ein selbst gefertigter Abstandshalter von 6,5 mm als auch per Lineal gezogene Bleistiftlinien auf der Montagefläche sein. Noch ein praktischer Tipp für das Aufkleben: Zuerst den Abdeckstreifen des Klebebands abziehen, dann den LED-Stripe an einem Ende ansetzen, festdrücken, den restlichen Streifen am anderen Ende straff halten und vorsichtig in diesem straffen Zustand aufkleben. So können sich keine Abweichungen von einer geraden Linie bilden.

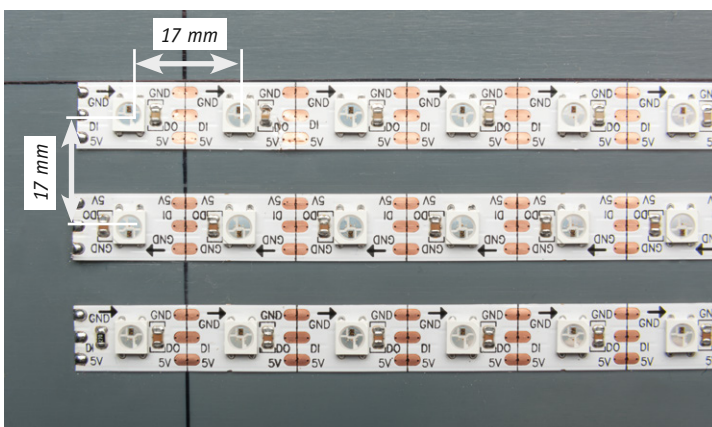


Bild 9: Die Abstände aller LEDs zueinander müssen genau 17 mm betragen.

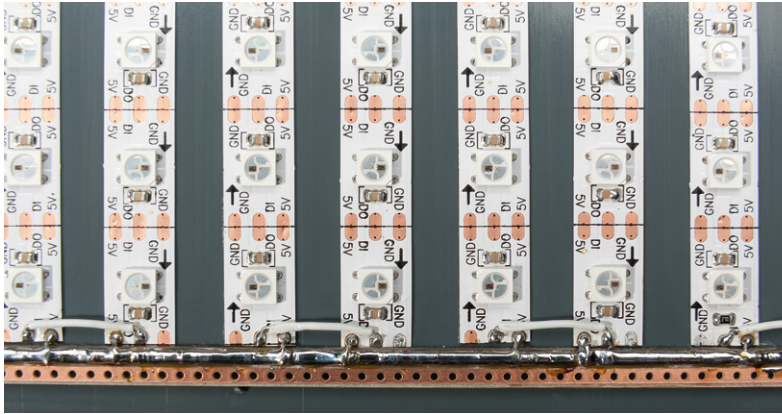


Bild 10: Lochstreifenplatinen dienen als Spannungsschienen.

Die Stripes werden später mäanderförmig verdrahtet. Deshalb ist es logisch, den jeweils nächsten LED-Stripe beginnend mit dem Dateneingang (DI, hier wird das Signal eingespeist) in entgegengesetzter Datenrichtung aufzukleben. Der Datenfluss ist somit schlangenförmig und der Verdrahtungsaufwand sinkt.

Zur Verbindung der einzelnen Stripes haben sich Streifen aus Lochrasterplatinen bewährt. Diese Platinen mit Streifenmuster werden in schmale Streifen geschnitten, sodass zwei oder drei Leiterbahnen auf jedem Streifen verbleiben (siehe Bild 10). Diese Lochstreifenplatinen werden quer zu den LED-Stripes mit etwas Sekundenkleber auf der Montageplatte befestigt.

Über diese Lochrasterplatinen erfolgt die Spannungsversorgung der einzelnen Stripes. An einer Seite der Matrix wird die negative (-) und an der anderen Seite die positive Versorgungsspannung (+ 5 V) zugeführt.

Die Verbindung zwischen der Minusschiene bzw. der Pluschiene zu den Stripes erfolgt mit einem kurzen Stück Silberdraht. Da ein relativ hoher Strom fließt, ist es ratsam, die Leiterbahnen auf der Lochrasterplatte durch Aufbringen von reichlich Lötzinn etwas zu verstärken. Man kann auch zusätzlich einen Silberdraht auf die Versorgungsschiene auflöten, um den Leitungsquerschnitt für die Versorgungsspannung zu erhöhen. So kommt man mit nur einer Einspeisung für die gesamte Matrix aus.

Der jeweilige Datenausgang (DO) wird mit dem nächsten Dateneingang (DI) verbunden (siehe Bild 11). Dies kann direkt mit einem kurzen Leitungsstück geschehen. Dabei sollte man nochmals kontrollieren, ob tatsächlich immer der Datenausgang eines Stripes mit dem Dateneingang des nächsten Stripes verbunden ist.

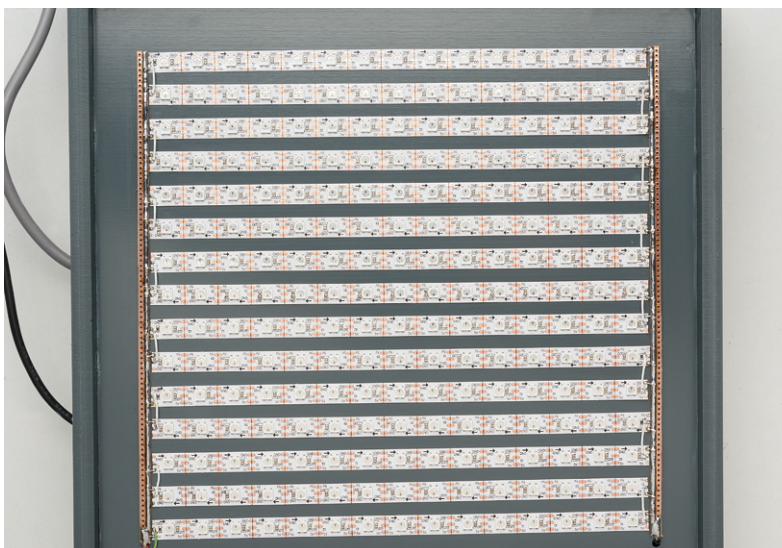


Bild 12: Die fertig verdrahtete Matrix

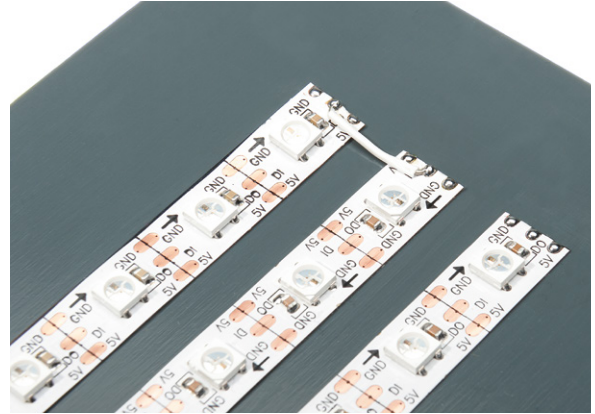


Bild 11: Die Verbindung der Datenleitungen

Hat man alle 15 Stripes aufgeklebt, wird jeweils an einem Ende der Lochstreifenplatinen ein kleines Loch in die Montageplatte gebohrt, hier werden dann die Leitung der Spannungsversorgung und die Datenleitung vom LED-Controller hindurchgeführt. Bild 12 zeigt die fertig verdrahtete Matrix.

Auf der Rückseite der Front-/Montageplatte werden das Netzteil und der LED-Controller montiert (siehe Bild 13). Das Netzteil sollte mittels der Montagelaschen mit der Platte verbunden werden.

**Achtung!** Beim Bohren der Befestigungslöcher ist auf die LED-Stripes auf der Vorderseite zu achten!

Der LED-Controller kann hingegen mit etwas Heißkleber befestigt werden. Er bietet aber auch eine Möglichkeit zur Schraubbefestigung, die sich im Falle des Players mit SD-Kartenschacht auch unter Zuhilfenahme eines kleinen Kunststoff-Abstandshalters anbietet, um die Speicherkarte problemlos einstecken und entnehmen zu können.

Besondere Sorgfalt gilt dem Anschluss der 230-V-Netzleitung. Sehr wichtig ist dabei die Zugentlastung der Netzleitung. Das Netzteil verfügt über lose Kabel, die mit dem Netzkabel verbunden werden müssen. Hierzu können, wie in Bild 13 dargestellt, Wago-Klemmen verwendet werden. Beim Bohren von



### Wichtiger Hinweis:

**Vorsicht:** Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von unterwiesenen Elektrofachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten.

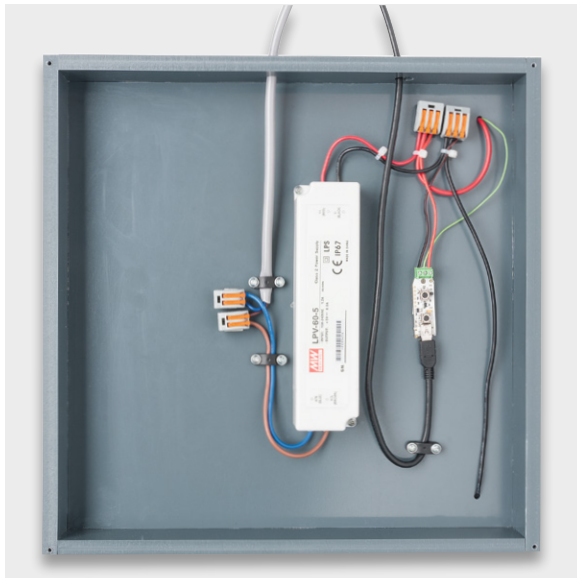


Bild 13: Die Rückseite der Frontplatte mit montiertem Netzteil und LED-Controller

Löchern in die Montageplatte ist, wie schon erwähnt, immer auf die auf der anderen Seite montierten LED-Stripes zu achten, also immer von der LED-Seite aus zwischen den LED-Stripes bohren!

Die 5-V-Ausgangsspannung des Netzteils wird gemäß Bild 1 mit dem LED-Controller und mit der LED-Matrix verbunden. Zur Verbindung sind auch hier Wagoklemmen zu empfehlen, die eine schnelle (und lösbare) sowie sichere Verbindung realisieren. Die Verbindungskabel zur LED-Matrix sollten einen entsprechenden Leiterquerschnitt aufweisen, denn hier fließen bis zu 8 A! Mit einer 1,5-mm<sup>2</sup>-Kupferleitung liegt man hier schon auf der sicheren Seite.

Der Datenausgang des LED-Controllers (mittlere Klemme) wird mit dem Dateneingang (DI) des ersten LED-Stripes verbunden. Der Datenausgang des letzten LED-Stripes bleibt offen!

Für die USB-Verbindung zwischen LED-Controller und PC/Laptop kann ein normales USB-Verbindungskabel mit Mini-USB-Stecker verwendet werden.

Zum Schluss noch einige Hinweise zum Gehäuse. Wie auf den Bildern ersichtlich, haben wir im ELV-Labor das Gehäuse aus Kunststoffteilen gefertigt. Selbstverständlich kann das Gehäuse auch aus Holz, z. B. 5-mm-Sperrholz, gefertigt werden. Wichtig ist, dass die Verbindungsklemmen für die 230-V-Zuleitung berührungssicher sind. Es bietet sich also ein geschlossenes Gehäuse an. Die Frontplatte sollte, wie bereits besprochen, aus hochwertigem Kunststoff sein und eine leichte Grautönung aufweisen, siehe Bild 14. Die benötigten Abmessungen sind der eigenen Gehäusekonstruktion zu entnehmen.

Wer etwas mehr Geld in eine schicke Optik investieren möchte, kann auch ein fertiges Aluprofil verwenden. Hier bietet sich das Gehäusesystem Aluplan von Bopla an [7]. In dieses Profilgehäuse passt das Netzteil nicht mehr, in diesem Fall muss es abgesetzt werden und die 5 V sind über eine gesonderte Zuleitung zur Matrix zu führen. Front-/Montage- und Rückplatte bestehen aus 3 mm starkem Material. Der Einbau in ein solches Gehäuse (Bild 15) richtet sich

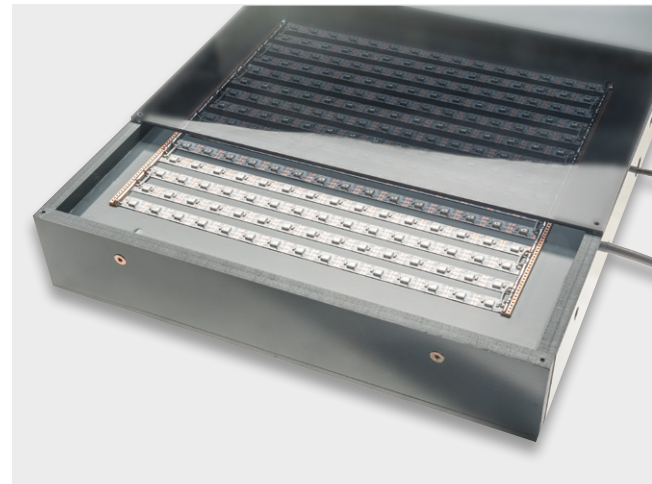


Bild 14: LED-Matrix mit erkennbarer Frontplatte

vor allem an erfahrene Hobbybastler mit mechanischen Kenntnissen.

### Installation der PC-Software

Wir betrachten hier exemplarisch die direkte Steuerung durch das Programm über eine USB-Verbindung zum Controller.

Damit die am USB-Port des steuernden Rechners angeschlossene Controllerschaltung korrekt arbeitet und erkannt wird, muss ein spezieller Treiber installiert werden. Dazu sind Treiber und Anleitung für den jeweiligen LED-Controller unter folgendem Link herunterzuladen:

- LED-Player: [8]
- LED-Controller M: [9]

Bei Anschluss des Controllers an den PC ist nun die heruntergeladene xxx.inf-Datei als Treiber manuell auszuwählen, sobald sich der Rechner meldet und einen Treiber installieren möchte. Es sollte zudem ein



Bild 15: Professionelles Gehäuse der Firma Bopla (Aluplan)

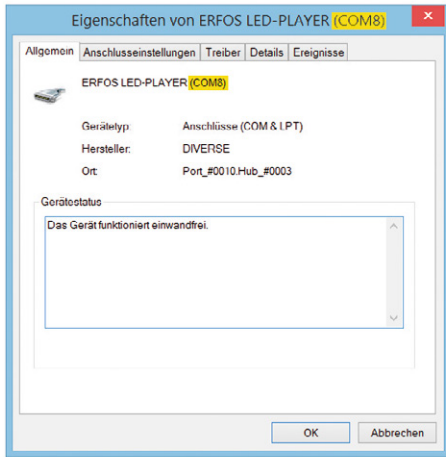


Bild 16: Korrekt installierter Treiber für den LED-Controller (in diesem Fall auf COM8)

BIOS-Update des LED-Controllers durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Firmware auf dem neuesten Stand ist. Dazu steht im heruntergeladenen Ordner ebenfalls eine kurze Anleitung (README-Datei) zur Verfügung.

Bei der Installation unter Windows 8 könnte es zu Problemen mit der digitalen Signierung des Treibers kommen. In diesem Fall muss die digitale Signierung unter Win 8 deaktiviert werden. Hierzu finden sich im Internet zahlreiche Vorgehensweisen – einfach nach: „Win 8 digitale Signierung deaktivieren“ suchen. Ist der Treiber korrekt installiert, erscheint im Gerätemanager eine Meldung dazu (Bild 16).

Man sollte sich hier den COM-Port merken (in unserem Fall COM8), denn dieser wird bei der Konfiguration von Jinx! benötigt. Nun kann Jinx! gestartet werden. Es erscheint der Hauptbildschirm (Bild 17). Zunächst müssen aber noch einige Einstellungen vorgenommen werden.

Im Hauptmenü wählt man zunächst „Setup“ und dann „Matrix Options“ (Bild 18). Hier wird eingestellt, aus wie vielen LEDs die Matrix besteht. Hier geben wir für Width und Height jeweils den Wert 15 ein. Das war hier alles, und wir schließen das Fenster mit „OK“.

Als Nächstes wird das angeschlossene Gerät konfiguriert. Unter „Setup -> Output Device“ wird der Button „ADD“ angeklickt, und es erscheint der in Bild 19 dargestellte Menüpunkt „Add/Edit Device“. Unter „Device Type“ wählt man das tpm2-Protokoll aus. Bei „Serial Port“ wird der vom Gerätemanager vergebene COM-Port eingetragen bzw. angewählt.

Im nächsten Schritt rufen wir den Menüpunkt „Setup -> Output Patch“ auf (Bild 20). Hier kann jede einzelne LED zugeordnet wer-

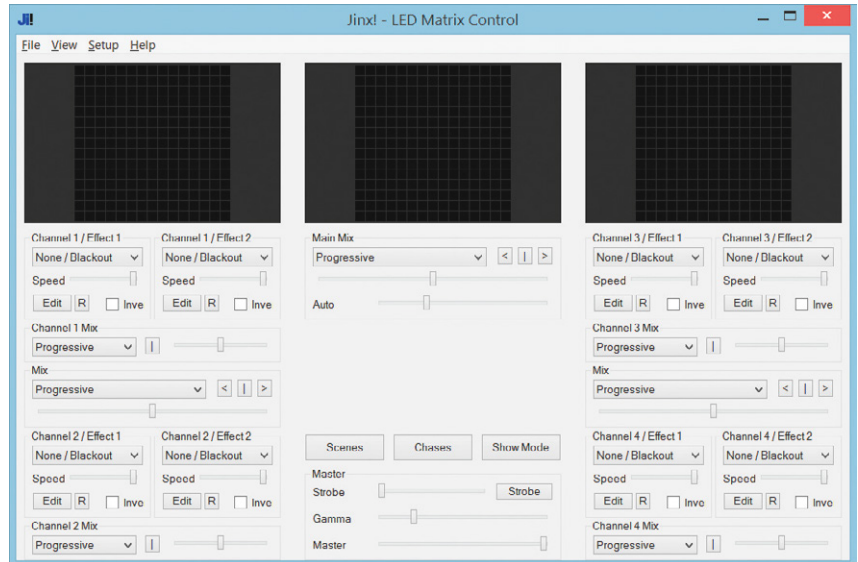


Bild 17: Hauptbildschirm der Jinx!-Software

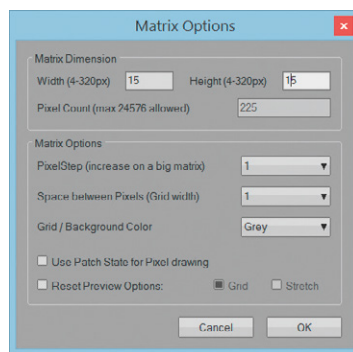


Bild 18: Matrix Options – hier wird 15 x 15 für Width und Height eingetragen.

den. Wir wählen den Button „FastPatch“ (Bild 21). Unter „Dimension: x und y“ wird jeweils die 15 eingetragen. Im Auswahlménü „Patch Mode“ wird der Verdrahtungsmodus eingestellt. Da wir in unserem Aufbau die Stripes schlangenförmig verlegt haben (Datenrichtung), wählen wir „Snakelines Starting xxx“. Je nachdem wo bei der Matrix oben sein soll, kann zwischen „Bottom“ und „Top“ bzw. „Left“ und „Right“ gewählt werden. Bei „Pixel Order“ erfolgt die Eintragung „GRB“ und unter „Patch Device“ „tpm2 COMx[675]“. Die Einstellungen werden mit „OK“ abgeschlossen.

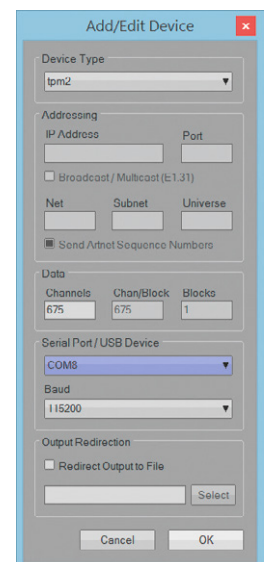


Bild 19: Einstellmenü „Add/Edit Device“ für die Definition der Verbindung zum Controller

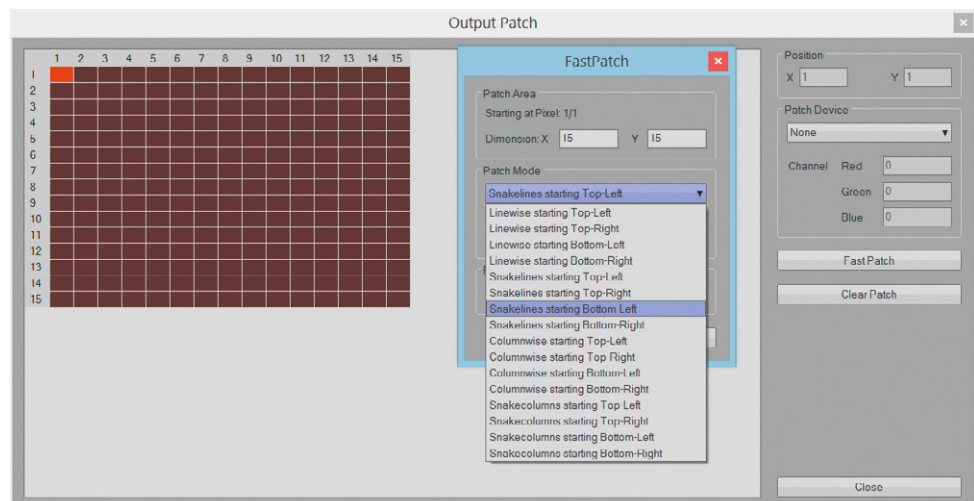


Bild 20: Menüpunkt „Output Patch“, hier werden u. a. Größe und Orientierung der Matrix eingestellt.

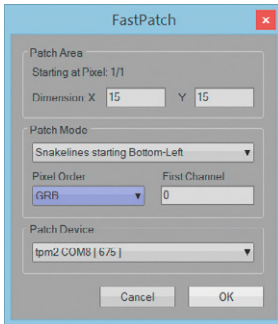


Bild 21: Der Menüpunkt „FastPatch“ fasst die Matriceinstellungen zusammen.

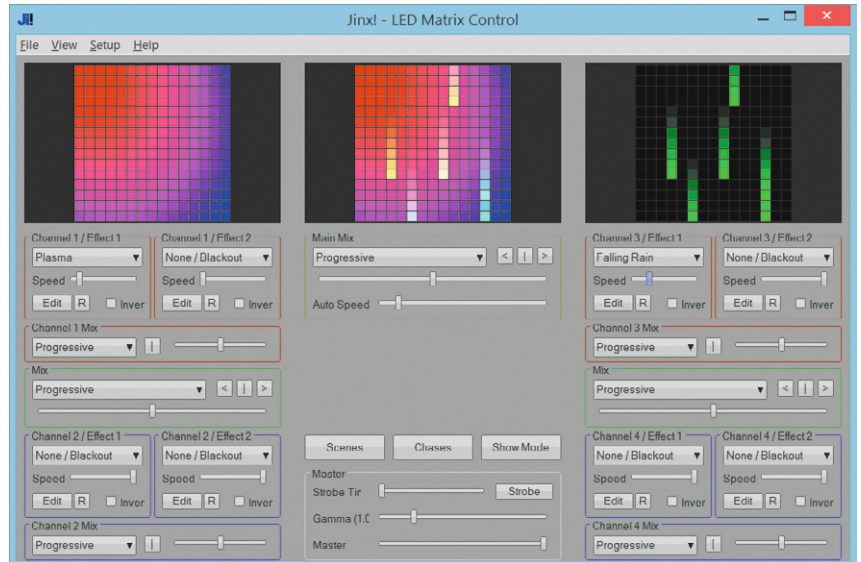


Bild 22: Das Programm Jinx! in Aktion. Hier erkennt man gut die Effektmischung der einzelnen Kanäle im Summenkanal (Mitte).

Nun sind alle wichtigen Einstellungen vorgenommen, und es kann „Setup -> Start Device“ zur Übertragung an den Controller ausgewählt werden. Nun ist das Programm mit der LED-Matrix verbunden. Die Einstellmöglichkeiten von Jinx! sind so umfangreich, dass wir das Einstellen nicht in diesem Artikel unterbringen können. Zum Testen kann man beispielsweise unter „Channel 1“ Farbmuster, z. B. „Simple Color“ auswählen. Insgesamt stehen vier Kanäle (Channels) mit 16 Effektkanälen zur Verfüg-

ung, die über Slider (MIX) miteinander gemixt werden können. Bild 22 zeigt das Programm in Aktion. Es ist auch möglich, Videodateien über die Matrix abzuspielen. Bei einer Matrix von 15 x 15 ist die Auflösung zwar noch sehr grob, aber man kann bereits die Grundzüge erkennen – was natürlich neugierig auf eine größere Matrix macht ...



**Alle Infos zu den Produkten finden Sie im Web-Shop:**

Produkt	Best.-Nr.	Preis
LED-Stripes WS2812B, 4 m Länge mit 240 LEDs, LED-Abstand 17 mm	CB-11 77 43	€ 64,95
LED-Controller Diamex „LED-Player“	CB-11 77 42	€ 24,90
oder Diamex „LED-Controller M“	CB-11 77 40	€ 19,90
Netzteil Meanwell LPG-60-5	CB-12 08 66	€ 22,95
Netzzuleitung	CB-10 15 54	€ 1,15
Verbindungsklemme, 3-pol. (10er-Pack)	CB-11 71 54	€ 3,95
Lochstreifenplatine (Laborkarte)	CB-00 85 54	€ 1,70
USB-Verbindungskabel	CB-12 00 55	€ 3,95
Kabelschelle zur Zugentlastung	CB-01 44 10	€ 0,08

Frontplatte: Evonik Plexiglas GS, 3 mm, Farbe: Mittelgrau 7C83: [www.modulor.de](http://www.modulor.de) [5]  
 Alternativ: [www.plexiglas-shop.com/DE/de/index.htm](http://www.plexiglas-shop.com/DE/de/index.htm) (nach 7c83 suchen)

Preisstellung  
 August 2015 –  
 aktuelle Preise im  
 Web-Shop



**Weitere Infos:**

- [1] ELV-Journal 3/2015
- [2] Datenblatt WS2812B: [www.world-semi.com/uploads/soft/150522/1-150522091P5.pdf](http://www.world-semi.com/uploads/soft/150522/1-150522091P5.pdf)
- [3] Infos zum TMP2-Format: [www.ledstyles.de/index.php/Thread/18969-tpm2-Protokoll-zur-Matrix-Lichtsteuerung](http://www.ledstyles.de/index.php/Thread/18969-tpm2-Protokoll-zur-Matrix-Lichtsteuerung)  
<https://gist.github.com/jblang/89e24e2655be6c463c56>
- [4] Software Jinx!: [www.live-leds.de](http://www.live-leds.de)
- [5] Plexiglas Modulor: [www.modulor.de](http://www.modulor.de)  
 Bestellhinweis: Platte in der entsprechenden Größe bestellen (Zuschnitt!)  
[www.modulor.de/Kunststoff-Gummi/Platten-Matten-Folien/Acrylglas-GS-Platten-und-Blocke/](http://www.modulor.de/Kunststoff-Gummi/Platten-Matten-Folien/Acrylglas-GS-Platten-und-Blocke/)  
[Plexiglas-GS-farbig-3-mm-3-0-x-1500-x-2000-mm-mittelgrau-transp-7C83.html](http://www.modulor.de/Plexiglas-GS-farbig-3-mm-3-0-x-1500-x-2000-mm-mittelgrau-transp-7C83.html)
- [6] <http://hbholzmaus.eshop.t-online.de/>
- [7] Bopla-Aluplan-Gehäuse: [www.bopla.de/de/gehaeuseteknik/product/aluplan.html](http://www.bopla.de/de/gehaeuseteknik/product/aluplan.html)
- [8] [www.led-genial.de/LED-Player-spielt-LED-Effekte-von-SD-Karte-ab](http://www.led-genial.de/LED-Player-spielt-LED-Effekte-von-SD-Karte-ab)
- [9] [www.led-genial.de/LED-Controller-L-fuer-WS2812-mit-Fernbedienung-TPM2-Protokoll](http://www.led-genial.de/LED-Controller-L-fuer-WS2812-mit-Fernbedienung-TPM2-Protokoll)