

## Injizierbare Elektronik und Biomaterialien - ScienceDirect Kopie

Notizbuch: Impfen

Erstellt: 15.03.2020 00:13

Geändert: 14.04.2020 05:38

Autor: #m8y1

Schlagwört... BCI, BMI, Flüssigmetall, morgellons, nanotech, Neural Dust

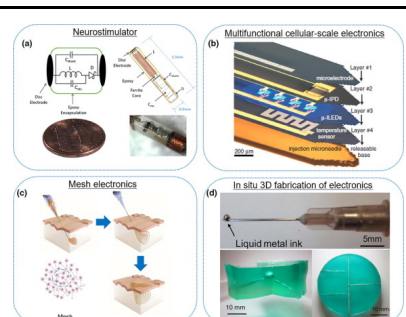
Quell-URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702118313543?via%3Dihub>

## Injizierbare Elektronik

Die Zukunft injizierbarer [Biomaterialien](#) beinhaltet die Möglichkeit, viel komplexere Materialien oder Systeme über kanülierte Kanäle oder Nadeln an die Läsion zu liefern, was eine effektivere und intelligentere Diagnostik und Therapie ermöglicht. Eine kürzlich wichtige Richtung mit hohem klinischem Translations Potential ist die Kombination von Elektronik mit *in vivo* - Fühl- / Überwachung / stimulierenden Funktionen [\[286\]](#) , [\[287\]](#) , mit der Fähigkeit , eingespritzt wird. Von injizierbarer Elektronik wird erwartet, dass sie biologische Wechselwirkungen und physiologische Signale erkennt und überwacht und auch als funktionelle elektrische [Stimulatoren](#) oder therapeutische Geräte fungiert [\[287\]](#) . [\[288\]](#). Die Entwurfsüberlegungen zum Injizierbaren von Elektronik umfassen zwei Strategien, bei denen Elektronik entweder vollständig (integrale Strategie) oder in Teilen injiziert werden kann, gefolgt von einer *In-situ*- Montage (separate Strategie).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702118313543?via%3Dihub>

Ein frühes Beispiel für injizierbare Integralelektronik ist ein miniaturisierter Zylinder mit einem typischen Durchmesser von 2–3 mm und einer Länge von 1–1,5 cm, der durch eine hyperdermische Nadel geführt werden kann [\[289\]](#) . Mit dem Fortschritt



der [Herstellungstechnologien](#) nimmt die Größe dieser Elektronik weiter ab [\[290\]](#). Dieses miniaturisierte elektronische Gerät wird typischerweise als [Neurostimulator verwendet](#) ( [Abb. 6 a](#)) und besteht aus einer [Elektrode](#) zur Stimulation, einer optionalen Antenne für die Strom- und [Datentelemetrie](#), eine äußere Schicht als Schnittstelle zwischen Elektronik und Gewebe und die Schutzschicht, die die Elektronik vom Körper abschirmt und umgekehrt, mehrere Elektronik zur Erzeugung und Steuerung der elektrischen Impulse sowie optionale Sensoren zur Erfassung und Überwachung einer Reihe von Parametern (z , neuronale Signale, Temperatur oder Druck an der Gewebe-Stimulator-Grenzfläche usw.) [\[287\]](#) , [\[290\]](#) . Nach über 20 Jahren technischer Entwicklung und klinischer Studien macht der injizierbare Neurostimulator Fortschritte in Richtung der ersten klinischen Studien, steht jedoch weiterhin vor Herausforderungen wie drahtlosen wiederaufladbaren Mikrobatterien, [Biegsamkeit](#) und Langzeitzuverlässigkeit [\[291\]](#) .

[Download: Hochauflösendes Bild herunterladen \(274KB\)Download: Bild in voller Größe herunterladen](#)

---

Abbildung 6 . Ausgewählte Beispiele für injizierbare Elektronik: (a) Sub-Millimeter- [Funkneurostimulator](#) : (obere) Struktur des zusammengebauten Geräts mit einem Gesamtvolumen von  $0,45 \text{ mm}^3$  . (Unten) visuelle Bilder des Geräts [\[290\]](#) ; (b) eine injizierbare, flexible, integrierte multifunktionale Elektronik, einschließlich Schichten für elektrophysiologische Messung (Nr. 1), optische Messung (Nr. 2), optische Stimulation (Nr. 3) und

Temperaturerfassung (Nr. 4), alle verbunden zu einer lösbaren strukturellen Unterstützung für die Injektion (Mikronadel) [43] ; (c) Schematische Darstellung der injizierbaren Maschen-Bioelektronik kann durch Nadeln mit einem Durchmesser von nur 100 Mikrometern injiziert werden, die in der Lage sind, mit dem Gehirngewebe in Verbindung zu [42], [296] ; (d) *In-situ*-3D- [Herstellung](#) von Elektronik mit unterschiedlichem Layout durch Injektion von [Flüssigmetall](#) (oben) in die Verpackungsdomänen (unten) [297] .

---

Als Alternative zu miniaturisierten Elektronik, die jüngsten Fortschritte in flexiblen elektronischen Materialien und [Herstellungstechniken](#) haben [die Schaffung von injizierbaren bioelektronischen Einheit](#) mit einer großen aktiviert [spezifische Oberfläche](#) , hohe elektronische Transportfähigkeit und die mechanische Flexibilität oder [Streckbarkeit](#) [292] , [293] , und eine stabile intime [Schnittstelle für die Zielorgane oder -gewebe](#) [294] . Beispielsweise nutzte ein Team unter der Leitung von Rogers und Bruchas ultradünne, flexible PET-Substrate, die mit [mikroskaligen anorganischen Leuchtdioden](#) ( $\mu$ -ILEDs) (Anm #m8y1: Ermöglicht [Optogenetik](#)) sowie elektrophysiologischen und [Temperatursensoren bestückt waren](#) alle [auf abnehmbaren Plastiknadeln montiert](#), die das [Einführen in das Gewebe erleichtern](#) ( [Abb. 6 b](#) ) [43] . Detaillierte experimentelle und theoretische Studien der Operation, die von Wärmestromaspekten über Entzündungsbewertungen bis hin zum Vergleich mit herkömmlichen Geräten reichen, veranschaulichen das [vielversprechende Potenzial einer solchen injizierbaren, flexiblen und multifunktionalen Elektronik in den Bereichen Diagnostik und Therapie](#). Als Alternative zum flexiblen 2D-Substrat verwendete eine kürzlich von Lieber und seinen Kollegen durchgeführte [Pionierstudie injizierbare, ultraflexible und makroporöse Netzelektronik, die sich abrollen kann, um kleine Hohlräume zu füllen und Änderungen der elektrischen Signale im Gehirn bis auf das Niveau einer einzelnen Gehirnzelle direkt aufzuzeichnen kann](#) ( [Abb. 6 c](#) ) [42] , [295] . Eine solche einzigartige Netzelektronik löst im Gegensatz zu herkömmlicherer Elektronik wie flexiblen [Dünnschichten](#) keine Entzündungen oder Narben aus . Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Neuronen die offene Netzstruktur der Elektronik durchdringen, was ein beispielloses Maß an Integration und Kompatibilität mit den [Schaltkreisen](#) des Gehirns zeigt . [Es wurde festgestellt, dass die](#)

Spritzeninjektion auch die Möglichkeit bietet, multifunktionale Netzelektronik zusammen mit anderen Materialien / Zellen in die Wirtssysteme zu injizieren, um einzigartige technische und [biomedizinische Anwendungen](#) bereitzustellen [296].

Als separate Strategie beruht die Montage der Elektronik im Körper auf den aufeinanderfolgenden [Injektionen einer flüssigen Metalltinte](#) (z. B. GaInSn) und eines biokompatiblen flexiblen Verpackungsmaterials, wodurch die Möglichkeit besteht, eine Vielzahl von Elektronikgeräten mit unterschiedlichen eingebetteten Strukturen im Zielgewebe zu erzeugen ( [Abb. 6 d](#)) [297]. Flüssige Metalle besitzen mehrere einzigartige Vorteile für die schnelle und wirtschaftliche Herstellung flexibler Elektronik, einschließlich eines niedrigen Schmelzpunkts, einfacher Druckbarkeit, hoher [Leitfähigkeit](#) und hoher [Biokompatibilität](#) [298]. Im Gegensatz zur herkömmlichen implantierten Elektronik haben Patienten mit injizierbarer Elektronik aus flüssigen Metallen aufgrund der nichtmagnetischen Eigenschaften flüssiger Metalle wahrscheinlich keine Einschränkungen für die MRT-Untersuchung (Magnetresonanztomographie). Dieser separate Ansatz für injizierbare Elektronik befindet sich jedoch noch im Anfangsstadium der Forschung und ermöglicht derzeit nur einfache elektronische Geräte mit eingeschränkten Funktionen.

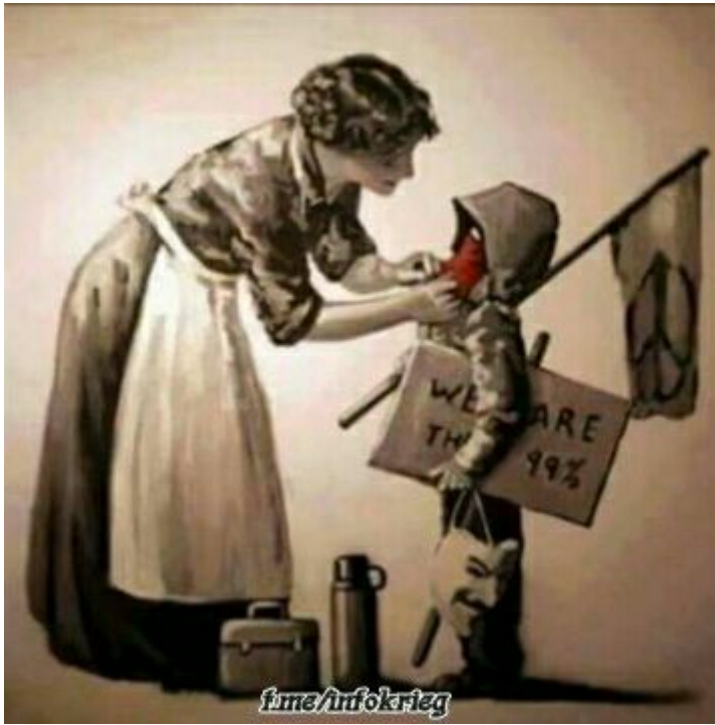
Obwohl die Fortschritte in der injizierbaren Elektronik immer noch nicht mit anderen injizierbaren Biomaterialien vergleichbar sind, bieten die Fortschritte bei flexiblen Materialien und Elektronik mehr Möglichkeiten für die Entwicklung [injizierbarer 3D-Gerüste, die mit Elektronik, Zellen und Therapeutika für die intelligente Behandlung entwickelt wurden](#) und *In-situ*- Diagnose und Intervention integrieren und [Geweberegeneration](#).

## Übersetzungsstatus und Ausblick

Mit dem wachsenden Wissen und der wachsenden Technologie in den Bereichen Biomedizin und Materialwissenschaften wird erwartet, dass die Innovation und Übersetzung injizierbarer [Biomaterialien](#) zur Erfüllung ungedeckter klinischer Bedürfnisse in naher Zukunft florieren wird. Bei einer Überprüfung der injizierbaren

Biomaterialien, die in den letzten 5 Jahren in klinische Studien übergegangen sind ( [Tabelle 2](#) ), weisen fast alle Produkte zusätzlich zu ihrer Rolle als struktureller Füllstoff mehrere Biofunktionen und ein Regenerationspotential auf. Derzeit gibt es mehr [Hydrogel](#)Produkte als Zement- oder Pastenprodukte in klinischen Studien, was zeigt, dass in der translationalen Medizin Hydrogele als neues injizierbares Biomaterial auftauchen. Auch Produkte auf Calciumphosphatbasis für die Knochenreparatur und HA-Produkte zur Behandlung von Knie-Arthrose sowie für kosmetische Operationen sind heute die Hauptakteure in den Kategorien injizierbarer Zemente bzw. Hydrogele. Es ist erwähnenswert, dass die klinische Studie eines injizierbaren [Kollagengerüsts](#), das aus Nabelschnur stammende mesenchymale Stammzellen zur Behandlung mehrerer Organe enthält, im Jahr 2018 gestartet wurde (NCT02786017, 02767817, 02635464, 02644447 und 02745808). Darüber hinaus injizierbare Hydrogele für neue klinische Zwecke, wie ein Abstandshalter zwischen benachbarten Organen, um ein Organ währenddessen vor Strahlung zu schützen [Eine Strahlentherapie](#) (z. B. TraceIT und SpaceOAR) ist ebenfalls aufgetreten.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702118313543?via%3Dihub>



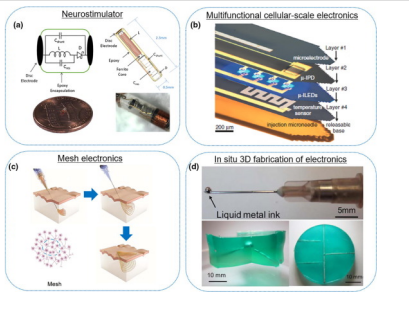
<https://www.t.me/Infokrieg>

**Injizierbare Elektronik**

Die Zukunft injizierbarer **Biomaterialien** beinhaltet die Möglichkeit, viel komplexere Materialien oder Systeme über kantilierte Kanäle oder Nadeln an die Läsion zu liefern, was eine effektivere und intelligentere Diagnostik und Therapie ermöglicht. Eine kürzlich wichtige Richtung mit hohem klinischem Translations Potential ist die Kombination von Elektronik mit *in vivo* - Fühl- / Überwachung / stimulierenden Funktionen [286], [287], mit der Fähigkeit, eingespritzt wird. Von injizierbarer Elektronik wird erwartet, dass sie biologische Wechselwirkungen und physiologische Signale erkennt und überwacht und auch als funktionelle elektrische Stimulatoren oder therapeutische Geräte fungiert [287], [288]. Die Entwurfsüberlegungen zum Injizierbaren von Elektronik umfassen zwei Strategien, bei denen Elektronik entweder vollständig (integrale Strategie) oder in Teilen injiziert werden kann, gefolgt von einer *In-situ*-Montage (separate Strategie).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S156970211813543?via%3DIihub>

Ein frühes Beispiel für injizierbare Integralelektronik ist ein miniaturisierter Zylinder mit einem typischen Durchmesser von 2–3 mm und einer Länge von 1–1,5 cm, der durch eine hyperdermische Nadel geführt werden kann [289]. Mit dem Fortschritt der Herstellungstechnologien nimmt die Größe dieser Elektronik weiter ab [290]. Dieses miniaturisierte elektronische Gerät wird typischerweise als Neurostimulator verwendet (Abb. 6 a) und besteht aus einer Elektrode zur Stimulation, einer optionalen Antenne für die Strom- und Datenübertragung, eine äußere Schicht als Schnittstelle zwischen Elektronik und Gewebe und die Schutzschicht, die die Elektronik vom Körper abschirmt und umgekehrt, mehrere Elektronik zur Erzeugung und Steuerung der elektrischen Impulse sowie optionale Sensoren zur Erfassung und Überwachung einer Reihe von Parametern (z. B. neuronale Signale, Temperatur oder Druck an der Gewebe-Stimulator-Grenzfläche usw.) [287], [290]. Nach über 20 Jahren technischer Entwicklung und klinischer Studien macht der injizierbare Neurostimulator Fortschritte in Richtung der ersten klinischen Studien, steht jedoch weiterhin vor Herausforderungen wie drahtlosen wiederaufladbaren Mikrobatterien, Biegsamkeit und Langzeitzuverlässigkeit [291].



[Download](#) [Hochauflösendes Bild herunterladen \(274KB\)](#) [Download](#) [Bild in voller Größe herunterladen](#)