

# Entwicklung eines energieautarken Systems zur Unterstützung der Ergonomie in der Automobilproduktion

Lars Bölecke

## Agenda

- Motivation
  - Finger – oft belastet – zu oft überbelastet
  - Erkrankungen der Finger
  - Idee /Anforderungen
- Thermoelektrik
- Handschuh
  - Energieversorgung
  - Aufbau
  - Schaltung
  - Ergebnisse

## Finger – oft belastet – zu oft überbelastet

- Autoindustrie (BMW, Audi, VW, ...)
  - Viele manuelle Arbeiten ( z.B.: Stopfenmontage)
  - Arbeiter neigen dazu mit zu großer Kraft zu drücken (Zeitdruck)
  - Starke Beanspruchung der Hand/Finger(-gelenke)
    - Karpaltunnelsyndrom (KTS)
    - Arthrose
    - Sehnscheidenentzündung



(1) Magnus Manske, 20.10.2007 (<http://de.wikipedia.org/wiki/BMW#/media/File:BMW.svg>, zuletzt abgerufen am 15.05.2015)

(2) „Audi 2009 logo“ von unbekannt - [http://www.audi.de/etc/medialib/ngw/product/pdf/price\\_lists.Par.0010.File.pdf/090831\\_preisliste.pdf](http://www.audi.de/etc/medialib/ngw/product/pdf/price_lists.Par.0010.File.pdf/090831_preisliste.pdf). Lizenziert unter Logo über Wikipedia - [http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Audi\\_2009\\_logo.svg#/media/File:Audi\\_2009\\_logo.svg](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Audi_2009_logo.svg#/media/File:Audi_2009_logo.svg)

(3) [http://autogramm.volkswagen.de/09\\_12/golf/golf\\_06.html](http://autogramm.volkswagen.de/09_12/golf/golf_06.html), zuletzt abgerufen am 14.05.2015

## Finger – oft belastet – zu oft überbelastet

- Verlust durch krankheitsbedingtem Ausfall
  - 7,836 Millionen Erwerbstätige (produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe, 2012)
  - 53 Milliarden Euro in 2012, davon 12,4 Milliarden allein durch Erkrankungen des Muskel und Skeletapparates
    - 0.4 % des BNP
- Bisher nur wenige Möglichkeiten der Prävention



Abb 1.: Mitarbeiter mit Stopfen und Fingerschutz [1]



Abb 2.: Mitarbeiter beim Eindrücken eines Stopfen



Abb 3.: Fingerschutz [1]

## Erkrankung der Finger

- Karpaltunnelsyndrom
  - Nervenkompression durch Druckerhöhung im Karpaltunnel
  - Schädigung des Nerv
  - „Einschlafen der Hände“
  - Nadelstichartige Schmerzen, schmerzhafte Kribbelparästhesien
  - Elektrisierende Missempfindungen
  - Ausfallerscheinungen
- Gelenkarthrosen
  - Kann jedes Gelenk betreffen
  - In Stopfenmontage vornehmlich Daumen
  - Zerstörung der Kollagenfasern
  - Begleitsynovialitis
  - Reibung Knochen auf Knochen
  - Wetterfühligkeit

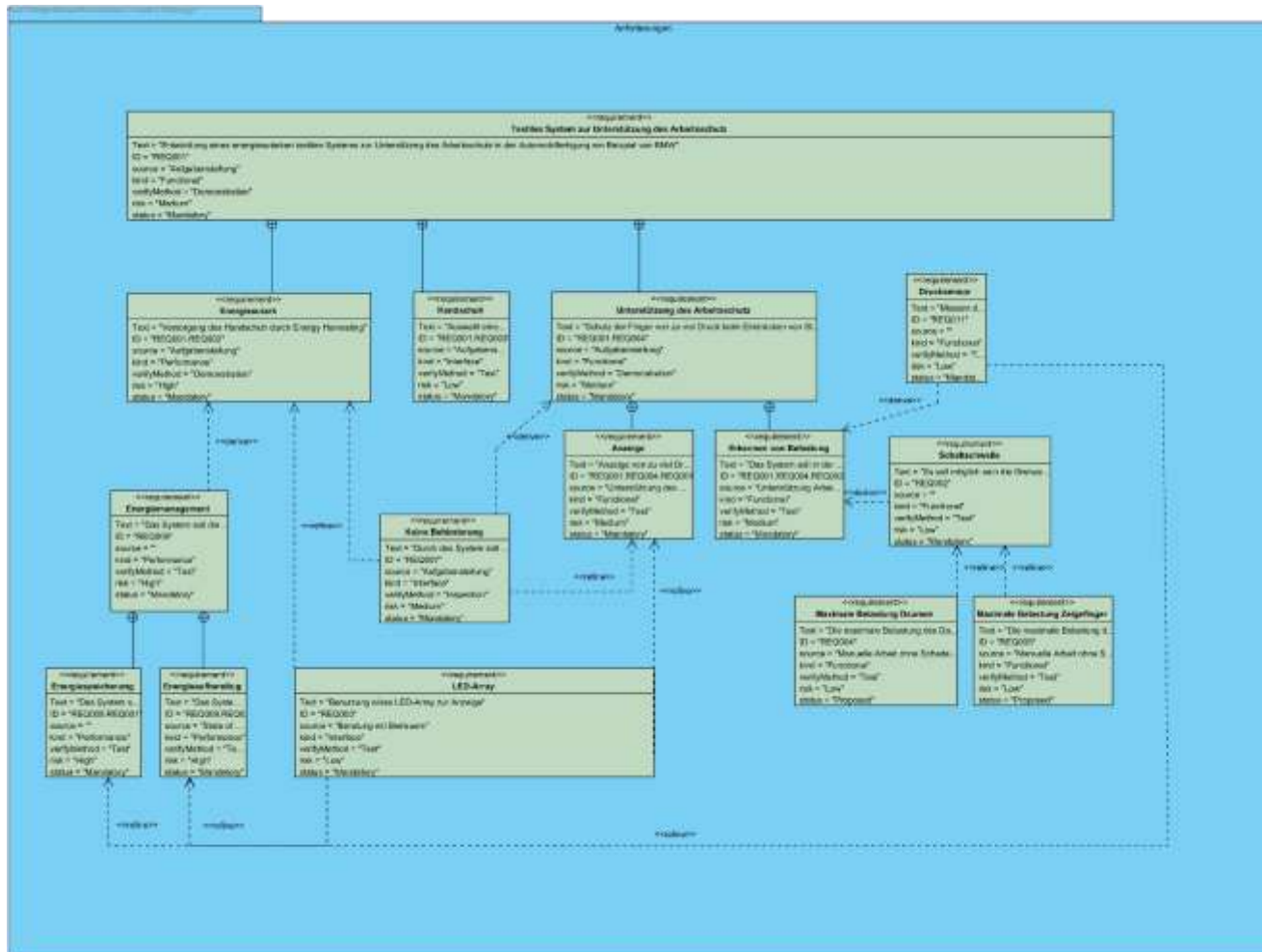
## Erkrankung der Finger

- Sehnenscheidenentzündung
  - Irritation des Sehnengleitgewebes
  - Schwellung, Bewegungsschmerz, Spontanschmerz in Ruhe
  - Quervain
    - Selbsterhaltend → operativer Eingriff notwendig

## Idee / Anforderungen

- System misst Belastung am Daumen
  - Arbeiter muss sich motivieren Handschuh zu tragen
  - So wenig wie möglich Behinderung und „Zusatzbelastung“ des Arbeiters
  - Handschuh
- „Plug ‘n‘ Play“
  - Kein Batteriewechsel → Energy Harvesting
  - Einfache Handhabung → Keine Knöpfe notwendig
  - Sehr einfache Anzeige → Ampelsystem

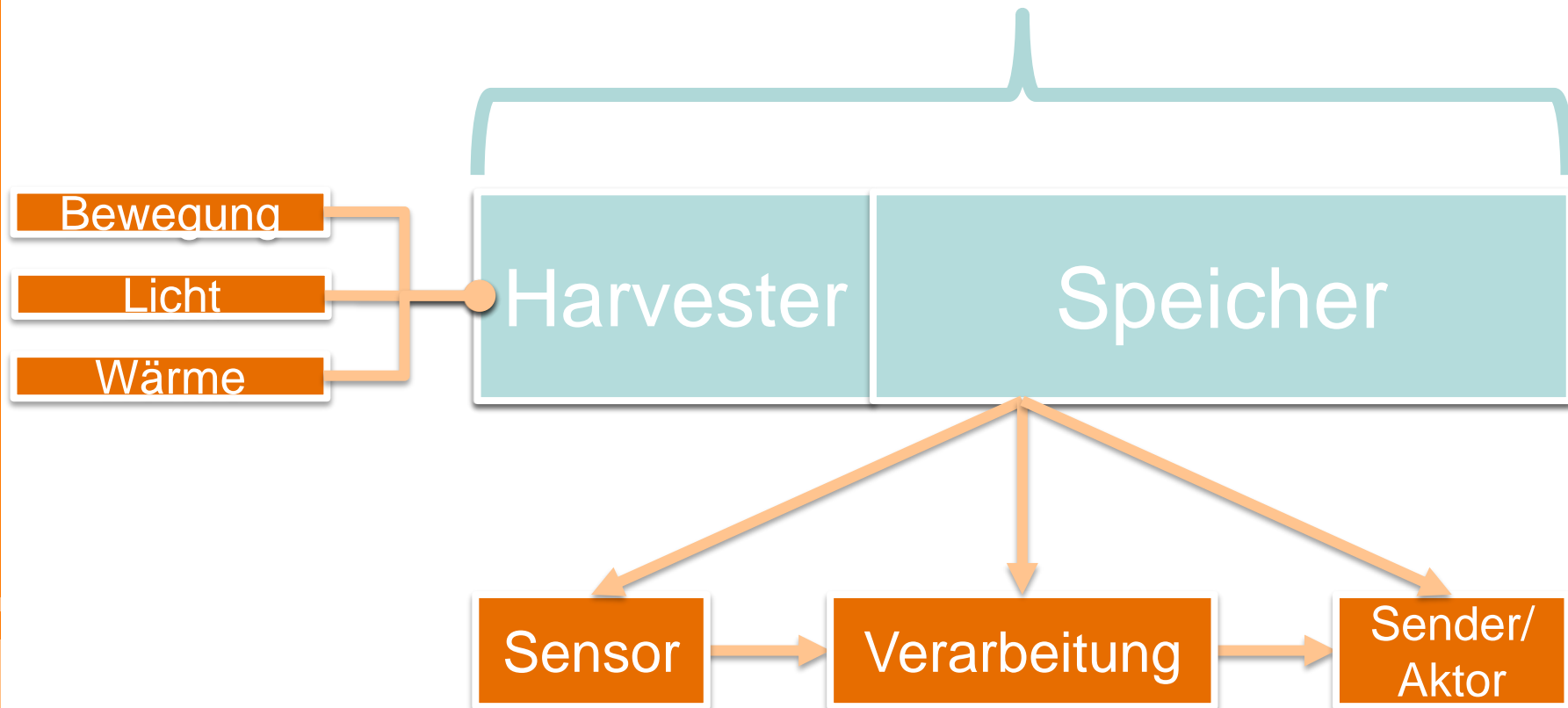
# Idee / Anforderungen





## Energy Harvesting

Energieversorgung



## Thermoelektrik - Beispiele

- Nutzung von Wärmeenergie
- kontinuierliche Bereitstellung von Energie
- Mit Halbleiterkomponenten bei flexiblen textilen Anwendungen in der Anwendung
- Sammeln-(Harvesting) in Li-Ion Akkus



Abb 1.: tPOD A.O.K, Energiegenerator für Camping-Einsatz <sup>(1)</sup>



Abb 2.: Kette von Peltier-Elementen



Abb 3.: TEGwear Jacke, eingearbeitete Thermogeneratoren versorgen drahtloses Vital-Monitoring

(1) [http://buytpod.com/wp-content/uploads/2013/06/product\\_aok\\_1.jpg](http://buytpod.com/wp-content/uploads/2013/06/product_aok_1.jpg), abgerufen am 13.05.2014, um 13:20 Uhr

(2) Stark, Ingo: Integrating thermoelectric technology into clothing for generating usable energy to power wireless devices. In: William Kaiser und Robert McCray (Hg.): the conference. San Diego, California, S. 1–2. (S. 1)

# Thermoelektrik

- Nutzbarmachung durch
  - (Pyroelektrik)
  - Seebeck-Effekt

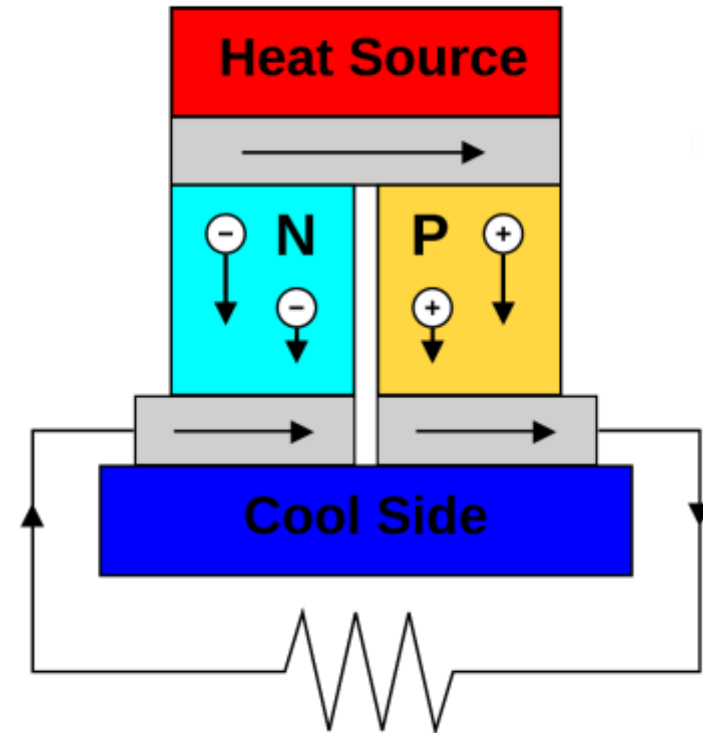


Abb 1.: skizzierter Aufbau eines Peltier – Element <sup>[1]</sup>

(1) [http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F8%2F8b%2FThermoelectric\\_Generator\\_Diagram.svg%2F277px-Thermoelectric\\_Generator\\_Diagram.svg.png&imgrefurl=http%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FThermoelektrizit%25C3%25A4t&h=289&w=277&tbid=ZtbBMFayUO-guM%3A&zoom=1&docid=IQD0D7u0pC7LIM&ei=qet1U\\_jEDvD24QS-ilDoBg&tbm=isch&client=firefox-a&iact=rc&uact=3&dur=0&page=1&start=0&ndsp=30&ved=0CHkQrQMwCw](http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F8%2F8b%2FThermoelectric_Generator_Diagram.svg%2F277px-Thermoelectric_Generator_Diagram.svg.png&imgrefurl=http%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FThermoelektrizit%25C3%25A4t&h=289&w=277&tbid=ZtbBMFayUO-guM%3A&zoom=1&docid=IQD0D7u0pC7LIM&ei=qet1U_jEDvD24QS-ilDoBg&tbm=isch&client=firefox-a&iact=rc&uact=3&dur=0&page=1&start=0&ndsp=30&ved=0CHkQrQMwCw), abgerufen am 16.05.2014, um 12:43 Uhr

## Thermoelektrik – Aktueller Stand – Netzwerk Smarttex

- Gedruckte Thermogeneratoren
  - Fraunhofer IWS Dresden
  - Organische Materialien
  - PEDOT:PSS mittels Dispersionsdruck auf Substrat aufgebracht
  - Bisher Polyamid-Folie als Substrat
  - Forschung mit STFI e.V. zur Entwicklung gedruckter Thermogeneratoren auf Vlies
  
- Thermogenerator mit Fadenbeschichtung
  - IPHT Jena
  - Anorganische Materialien
  - Plasmabeschichtung auf textilen Fadenstrukturen
  - FuE-Projekt in Vorbereitung

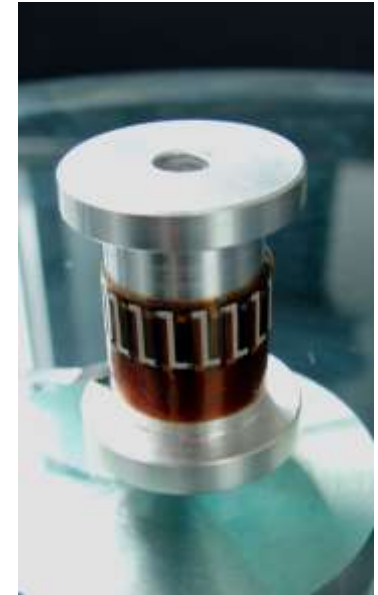


Abb 1.: Demonstrator eines gedruckten thermoelektrischen Generators gewunden um ein Musterbauteil <sup>[1]</sup>

## Handschuh - Energieversorgung

- Peltier-Element
- LTC 3108
  - 20 mV Eingangsspannung
  - Impedanzanpassung
  - Steuerung des Transformator
  - Gleichrichter
  - Energieverwaltung
  - PGood-Ausgang (Ladestandsanzeige)
- Speicherkondensatoren (mF)

# Handschuh - Energieversorgung

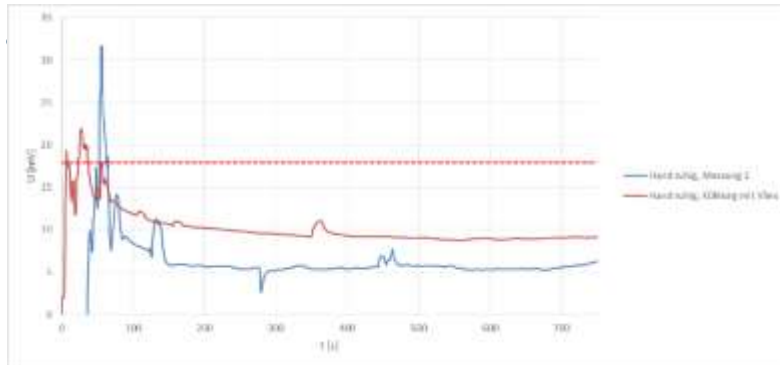


Abb 1.: Peltier-Element

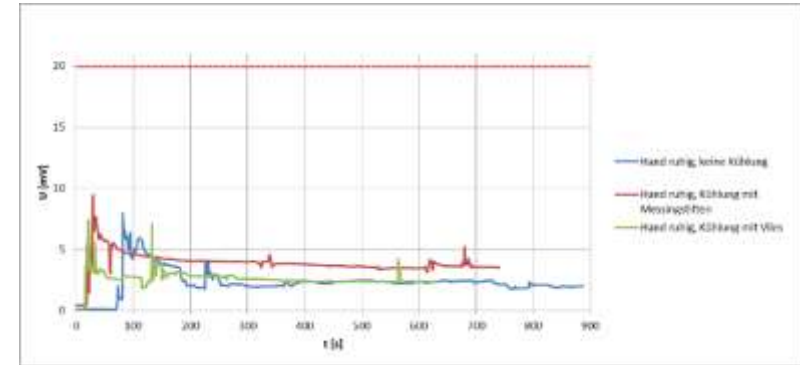


Abb 2.: Micropelt-Elemente (Reihenschaltung)

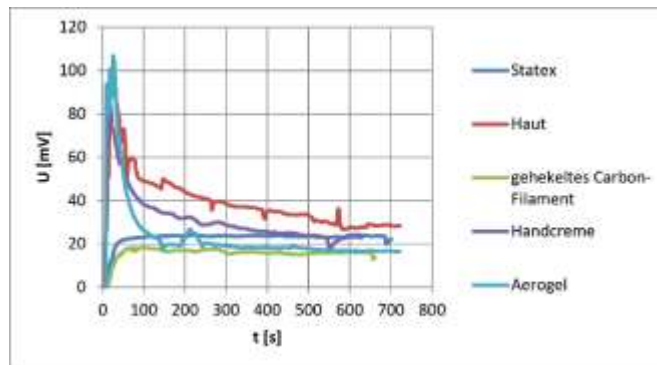


Abb 3.: Kontaktierung der Haut (keine Bewegung)

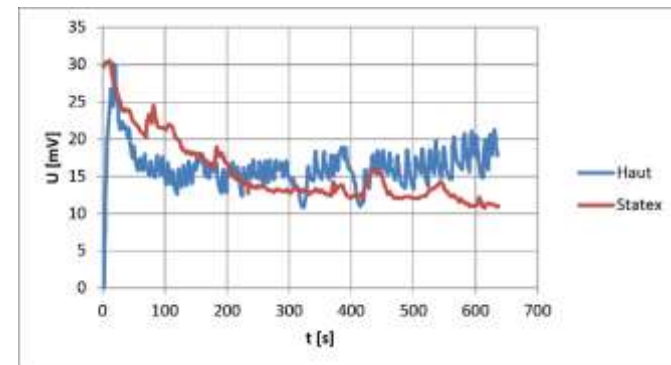


Abb 4.: Kontaktierung der Haut (Bewegung)

## Handschuh - Aufbau

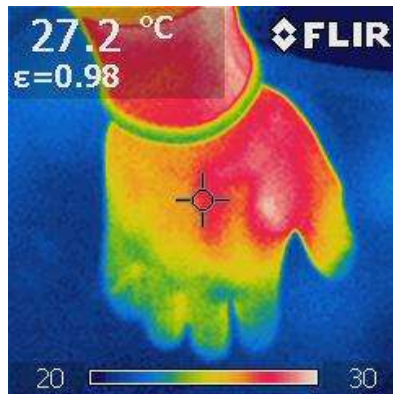


Abb 1.: HyPlex von Ansell

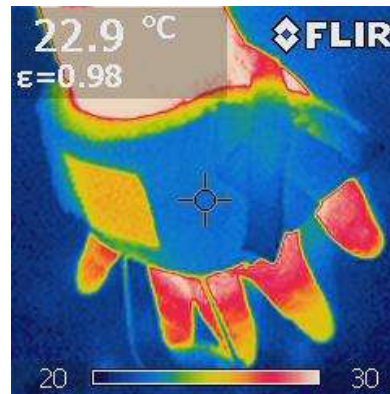


Abb 2.: Abstandsgewirk zwischen zwei Deckschichten

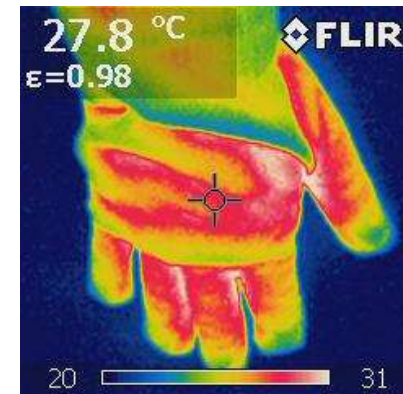


Abb 3.: gestrickter Handschuh

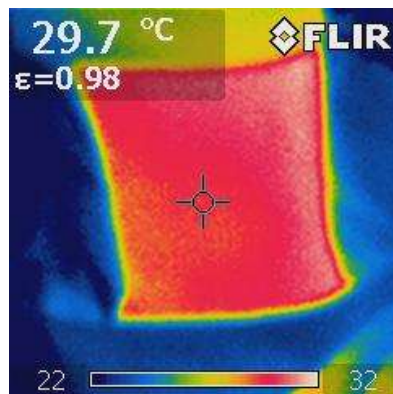


Abb 4.: Ceratex

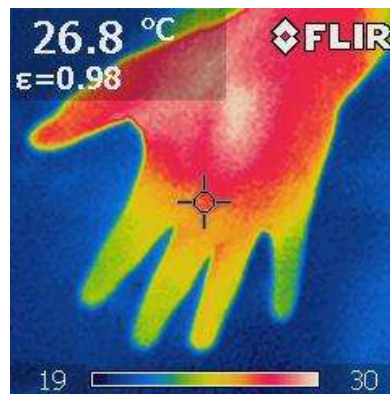


Abb 5.: Hand

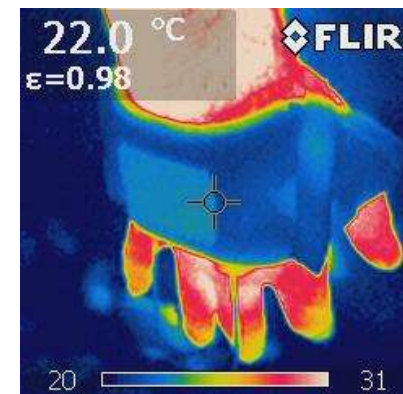
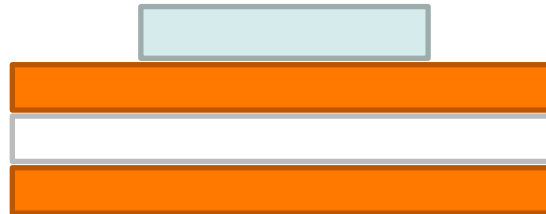


Abb 6.: Isolationsvlies zwischen zwei Deckschichten

## Handschuh - Aufbau

- Mehrlagig

- (Aerogel-Vlies)
- Deckmaterial
- Isolationsvlies
- Deckmaterial



- Mehrere Module

- Mit Klett verbunden
- Peltier-Elemente mit PET-Rahmen im Textil veranker
- Module
  - Handschuh mit Armstulpe (Aufnahme der Elektronik, LED-Anzeige, Sensor)
  - Handrücken (Peltier-Element, Isolation)
  - Handgelenk (Peltier-Element, Isolation)



## Handschuh - Aufbau



Abb 1.: Modul 1 – Handschuh mit Armstulp

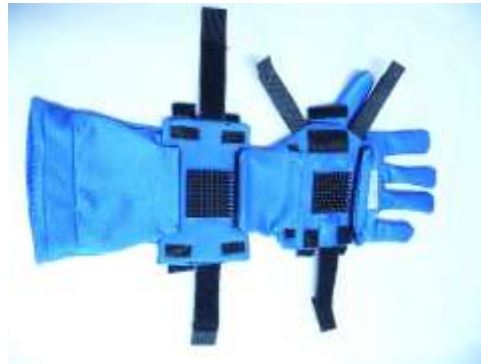


Abb 2.: Modul 1 mit Modul 2 und 3



Abb 3.: Modul 2 mit zusätzlichen Kühlkissen

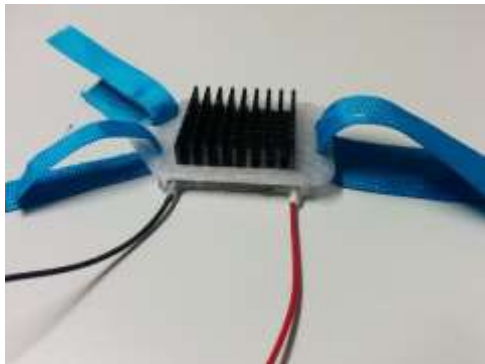


Abb 4.: Halterung Peltier-Element und Kühlkörper



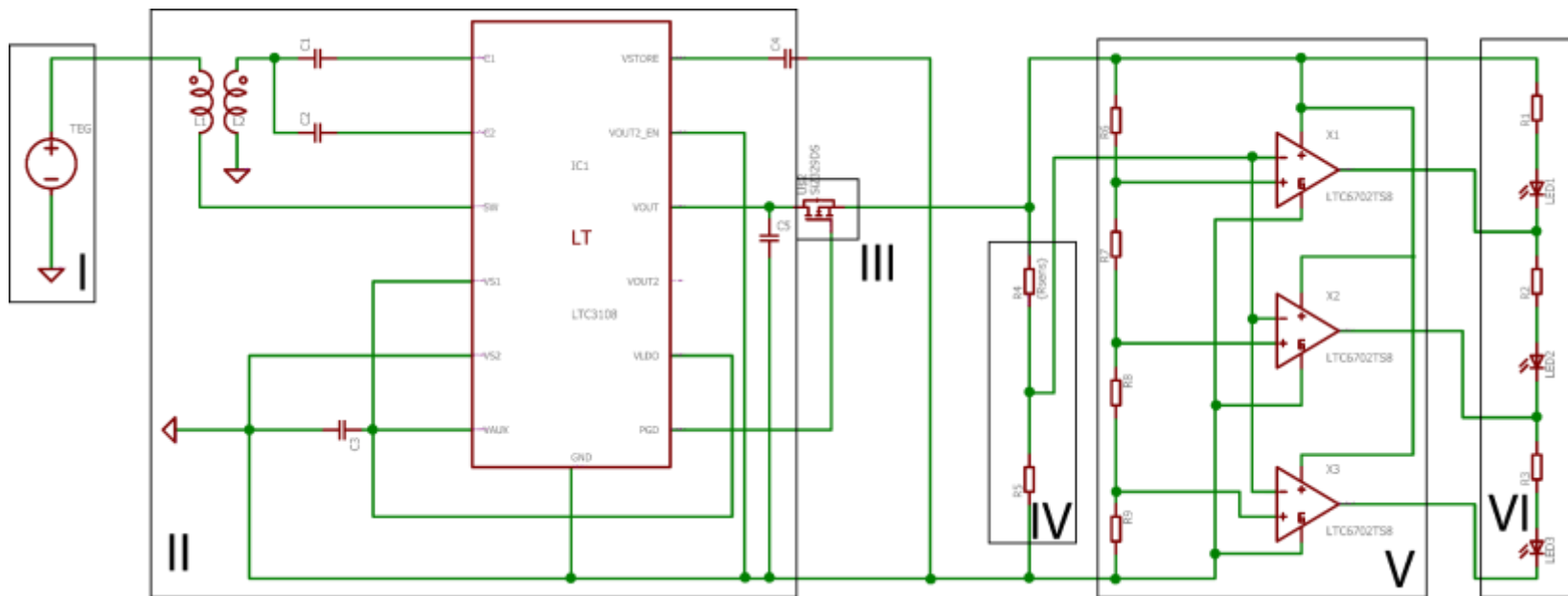
Abb 5.: Tasche für Elektronik



Abb 6.: Drucksensor

## Handschuh – Schaltung

- Kein Microcontroller
- Geringer Energieverbrauch
- Getaktete Schaltung
- Einfacher Aufbau
- Rail-To-Rail-Komparator



# Handschuh – Schaltung

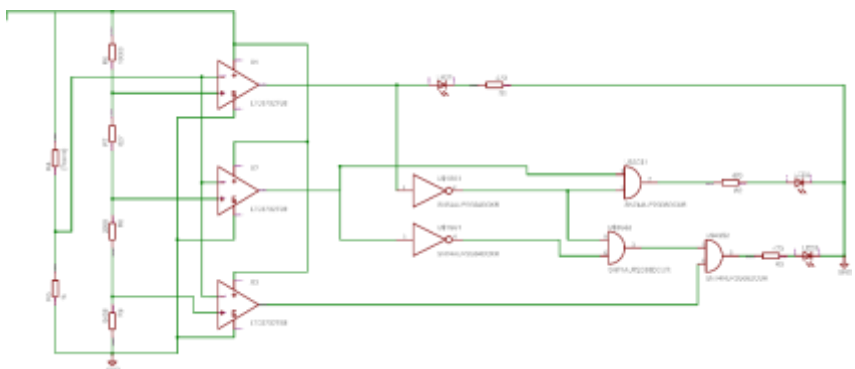


Abb 1.: Version 1 der Logikschaltung

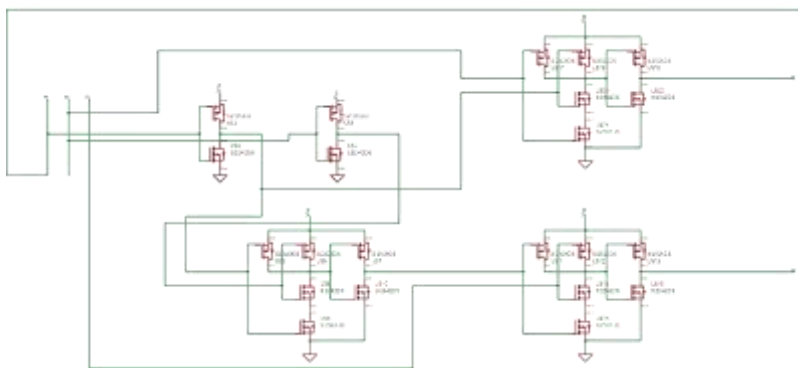


Abb 3.: Kontaktierung der Haut

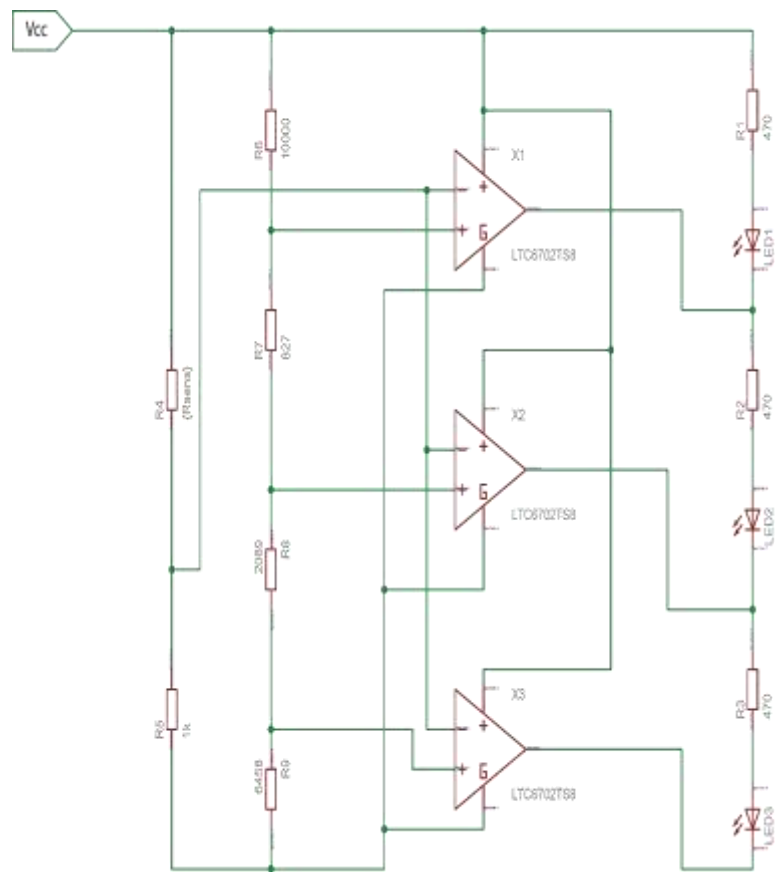


Abb 2.: Finale Version der Logikschaltung

## Ergebnisse

- Simulation erfolgreich
- Erste Hardware Implementierung mit Fehlern
- Zweite Revision beim Auftragsätzer

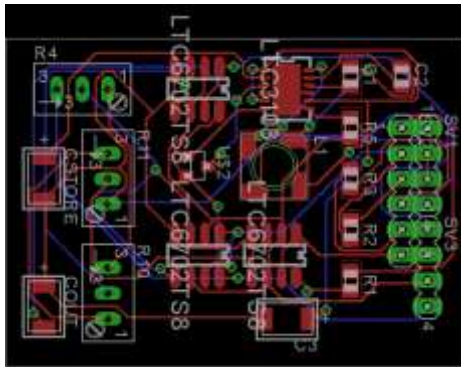


Abb 1.: Platinenlayout v1.0.0

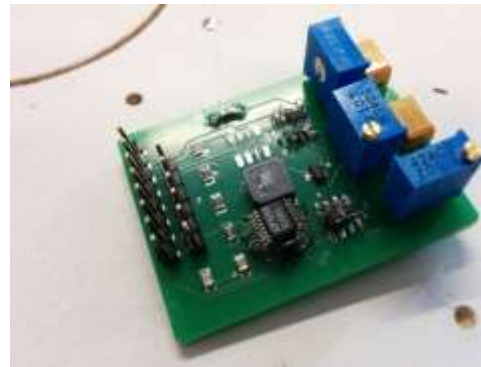


Abb 2.: fertige Platine v1.0.0

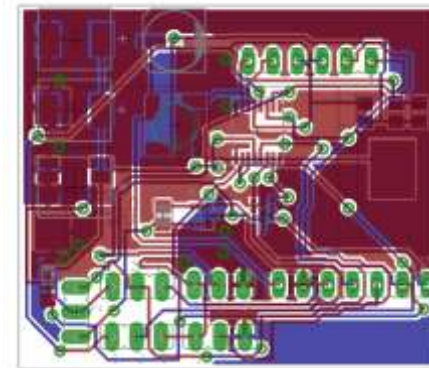


Abb 3.: Platinenlayout v1.0.1

# Ergebnisse

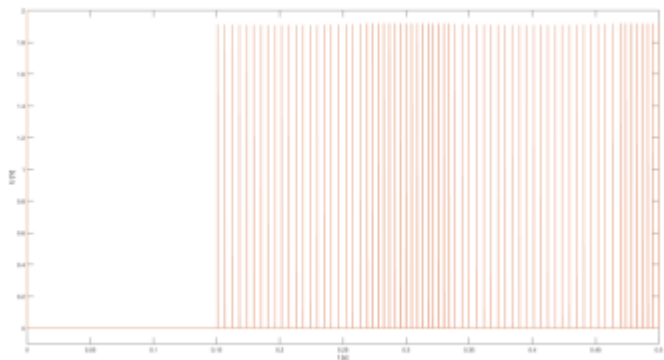


Abb 1.: Ausgangsspannung

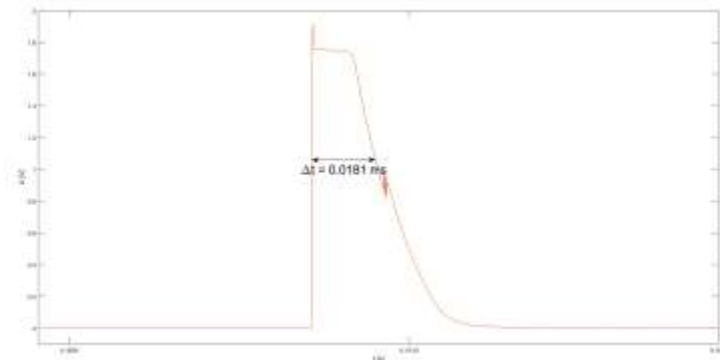


Abb 2.: Ausgangsspannung – Detail 1

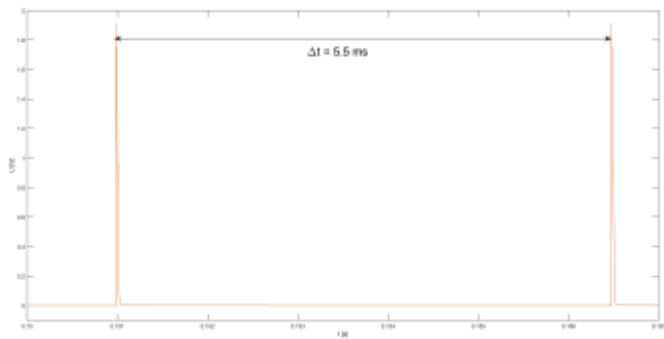


Abb 4.: Ausgangsspannung – Detail 2