

## Bachelor- oder Masterthema AC 2019-186

**Thema:** Abschätzung einer Lernkurve für Lithium-Ionen-Zellen

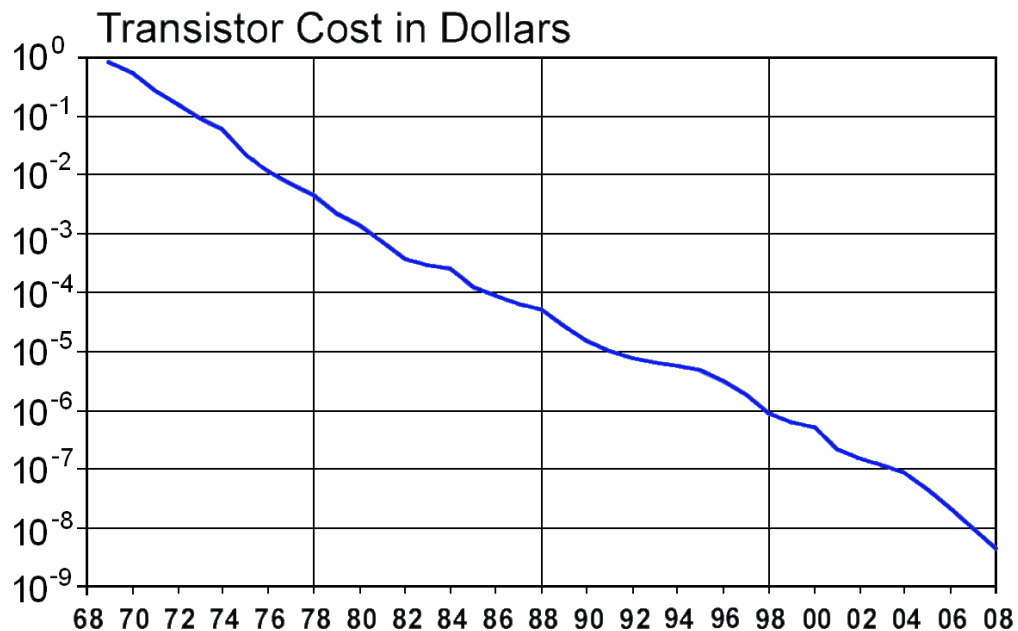
**Betreuer:** Prof. Dr.-Ing. Olaf Ziemann, POF-AC, TH Nürnberg

Prof. Frank Opferkuch, NTC, TH Nürnberg

**Zielgruppe:** 1 bis 2 Studierende BW

### Beschreibung:

In vielen Bereichen der Technik beobachtet man exponentielle Preistrends. Bekannt ist vor allem das Moore'sche Gesetz für Prozessoren oder generell die Preisentwicklung für Elektronik. Bild 1 zeigt als Beispiel Zahlen für Transistoren (allerdings ist dabei zu bedenken, dass heute Mrd. Bauteile in einem Schaltkreis integriert sind). Der exponentielle Verlauf ist über 40 Jahre annähernd konstant.



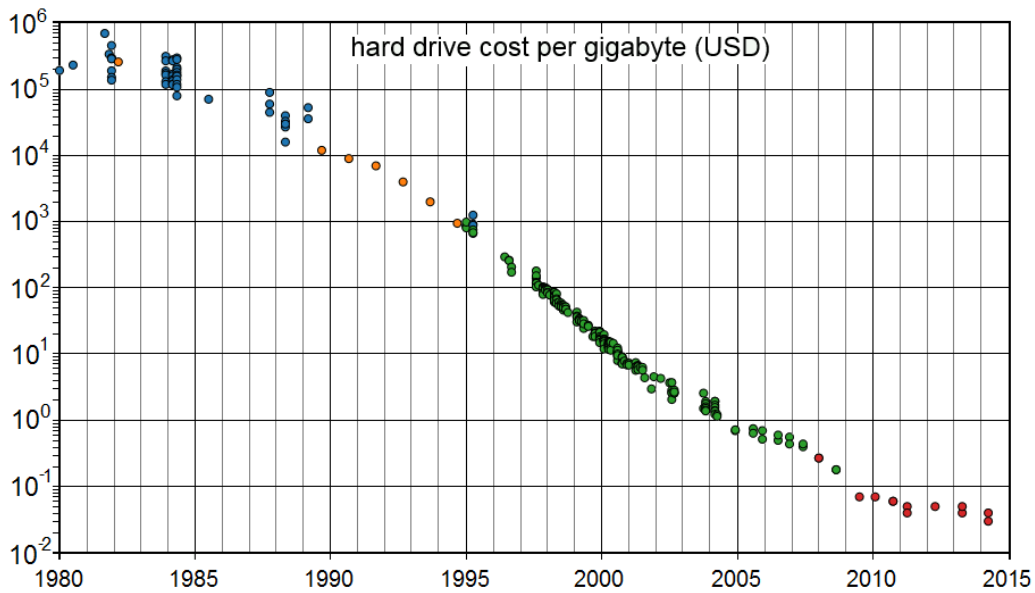
**Bild 1:** Preisentwicklung für Transistoren (D. E. Anberg, A. M. Hawryluk: „Low Cost of Ownership Lithography for High Brightness LED Manufacturing“, LED professional review, Nov/Dez 2009, pp. 2-6)

Ein weiteres Beispiel zeigt Bild 2 für Festplatten. Auch hier bleibt ein exponentieller Verlauf über annähernd 30 Jahre erhalten. Ab etwa 2010 ist aber die Rate des Preisverfalls deutlich verlangsamt.

Offensichtlich sind solche langfristigen Trends zu beobachten wenn mehrere Bedingungen erfüllt sind:

- absolutes Wachstum des Gesamtmarktes
- Konzentration der Produktion
- Potential für technologische Weiterentwicklung

Besonders eindrucksvoll hat sich dies auch bei der Entwicklung von LED-Preisen gezeigt. Noch vor wenigen Jahren hielt man es für praktisch unmöglich das LED einmal wirtschaftlich für die Allgemeinbeleuchtung zu verwenden sind. Heute kosten 1000 lm unter 1 US\$.

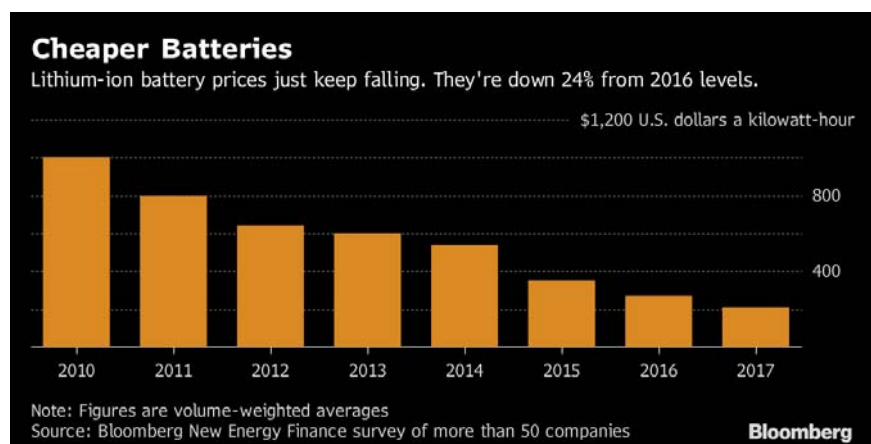


**Bild 2:** Preisentwicklung für Festplatten (G. Günsberg, J. Fucik „Faktencheck E-Mobilität“, Klima- und Energiefonds Wien 2017)

Es gibt aber auch Grenzen bei der Preisentwicklung. So könnten z.B. Rohstoffkosten dominant werden und eine weitere Kostenreduktion beenden. Für LED trat dieser Fall um 2010 ein als die benötigten Saphir-Substrate das Limit darstellten. Nachdem der Bedarf stark anstieg wurden diese Substrate rapide teuer. Allerdings wurden in kurzer Zeit enorme zusätzliche Substrat-Kapazitäten aufgebaut. Zwischen 2010 und 2016 sank dann der Preis für ein 2 Zoll-Substrat von ca. 40 US\$ auf unter 1 US\$.

Die aktuell fast alles dominierende Frage bei der Einführung der Elektromobilität liegt bei der Kostenentwicklung der Batterien. Wie Bild 3 zeigt, ist auch hier seit etwa dem Jahr 2000 ein exponentieller Verlauf zu beobachten. In der öffentlichen und politischen Diskussion wird immer wieder vor den Folgen gewarnt, falls die Batterien nicht ausreichen preiswert werden. Praktisch niemand spricht aber über folgende Frage:

## Was passiert, wenn der aktuelle Preistrend für Lithium-Batterien mindestens bis 2030 anhält?



**Bild 3:** Daten für Lithium-Ionen-Batterie-Preise

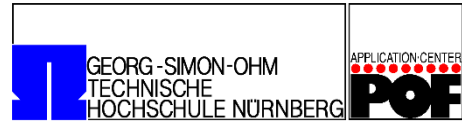
## Polymer Optical Fiber Application Center

Institut der Technischen Hochschule Nürnberg

Wassertorstraße 10, 90489 Nürnberg

Tel./Fax: 0911 5880 1070/5070

[www.th-nuernberg.de/einrichtungen-gesamt/in-institute/polymer-optical-fiber-application-center/pof-ac-studium](http://www.th-nuernberg.de/einrichtungen-gesamt/in-institute/polymer-optical-fiber-application-center/pof-ac-studium)



Ohne Frage sind die oben genannten 3 Voraussetzungen für eine aktive Lernkurve gegeben. Der Markt kann noch um ein vielfaches wachsen. Eine Konzentration auf immer größere Fabriken findet statt und technologische Weiterentwicklungen finden laufend statt. Es bleibt also die Frage nach externen Limits, z.B. die Verfügbarkeit von Lithium. In Zukunft ist aber zu erwarten dass der Bedarf durch Fahrzeugbatterien alle anderen Anwendungen übertreffen wird. Es ist also Geld für die Erschließung neuer Quellen verfügbar (ganz vergleichbar mit den Saphir-Substraten).

In einer studentischen Arbeit soll versucht werden neutrale Antworten zu finden auf folgende Fragen:

- Wie sieht eine bis 2030 extrapolierte Lernkurve für Li-Ionen-Batterien aus, wenn die bisherige Preisentwicklung zugrunde gelegt wird (dazu sind umfassende und repräsentative Daten zu sammeln).
- Gibt es grundsätzliche Grenzen bei der Preisentwicklung für Batterien (z.B. Rohstoffkosten).
- Nimmt man den extrapolierten Preis für 2030 an, welche neuen Anwendungsszenarien wären dann denkbar? (z.B.: wäre dann ein Batteriespeicher vielleicht preiswerter als ein vergleichbares Pumpspeicherkraftwerk)

Aussagen der Automobilindustrie oder gar politisch motivierte Studien sollen in dieser Arbeit ausdrücklich ignoriert werden, da diese immer im Verdacht stehen bestimmte Ergebnisse bewusst zu bevorzugen. Vielmehr sollen rein ökonomische Gesetzmäßigkeiten theoretisch angewendet werden, basierend auf reinen Marktdaten (Marktgröße usw.). Der NCT Nürnberg unterstützt die Arbeit mit den notwendigen technischen Grundlagen, also z.B. Angaben über benötigte Grundstoffe oder Extrapolationen zu erwartender technologischer Entwicklungen. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse ist Bestandteil der Aufgabenstellung.

Nürnberg, März 2019, O. Ziemann/ F. Opferkuch