

Grundlagen ausgewählter Low-Power Display Technologien

Franz-B. Tuneke. Im Rahmen des Seminars im WS15/16 der
Projektgruppe SolarDoorplate

Agenda

1. Einleitung
2. Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays
3. Klassifikation von Display Technologien
4. Ultra-Low-Power Display Technologien
5. Zusammenfassung

Einleitung

- Niedriger Energieverbrauch immer erwünscht
 - Besonders bei begrenzter Energieversorgung, Kosten reduzieren
 - Mehrere Gründe Low-Power Displays zu nutzen
- mW/ μ W-Bereich erfordert Kompromisse
 - Größe (< 7“)
 - Monochrom
 - Auflösung
 - Aktualisierungsrate („Geschwindigkeit“)
- Smart Tags, intelligente Briefmarken, Systeme aus SUS, ...
- Projekt: geringe Größe (2,7“), monochrom, geringe Geschwindigkeit

Agenda

1. Einleitung
2. Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays
3. Klassifikation von Display Technologien
4. Ultra-Low-Power Display Technologien
5. Zusammenfassung

Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays

- Display Technologie (LCD, E-Paper, OLED, ...)
 - Verbrauch aktiver Betrieb (Display beschreiben)
 - Verbrauch passiver Betrieb (Inhalt aufrechterhalten)
 - Energie für Backlight
 - Energie für Kühlung, nur in bestimmten Arbeitsumfeldern
- Beeinflussen des Energieverbrauchs mit Software
 - Was wird dargestellt? (aktiv/passiv unterschiedlicher Verbrauch)
 - Eigenschaften des Displays ausnutzen

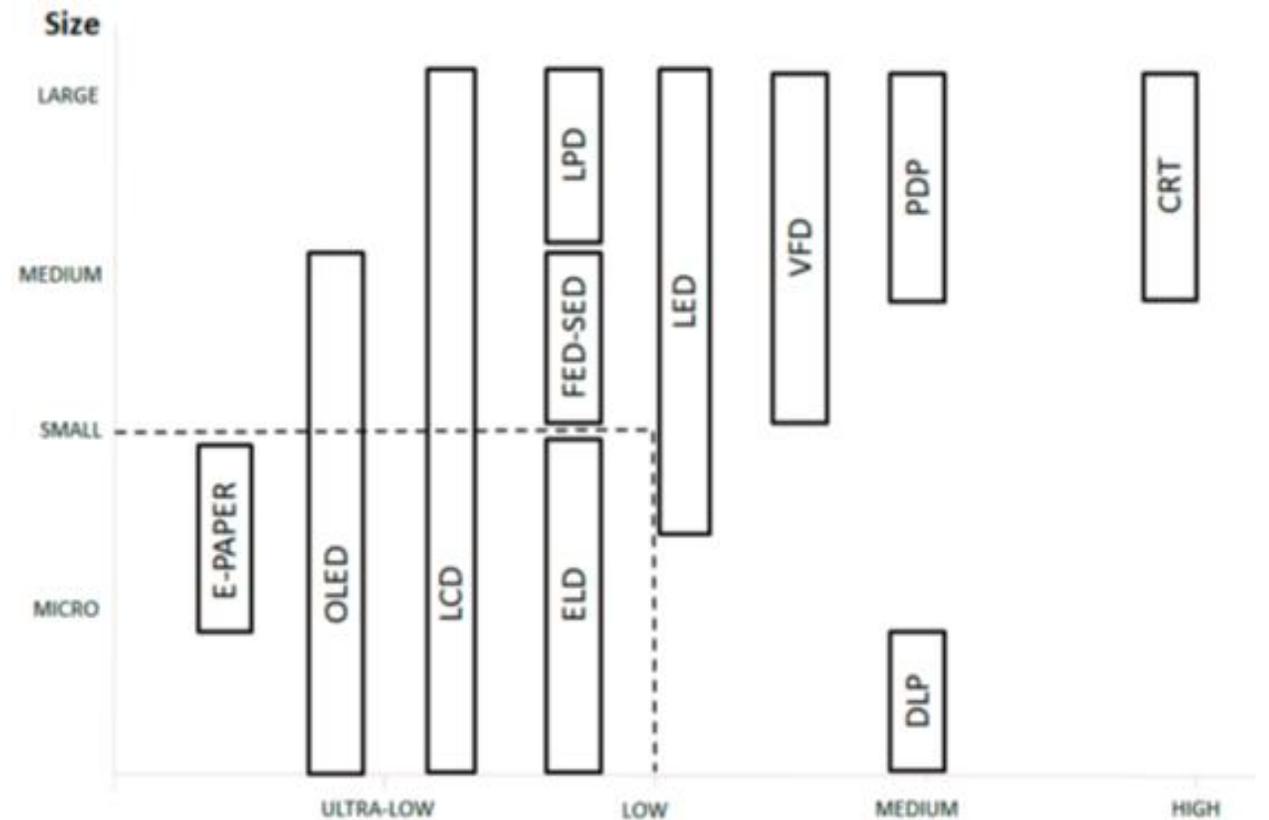
Agenda

1. Einleitung
2. Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays
3. Klassifikation von Display Technologien
4. Ultra-Low-Power Display Technologien
5. Zusammenfassung

Klassifikation von Display Technologien

- E-Paper ist NICHT immer energiesparender als OLED/LCD
- E-Paper, LCD, (OLED) sind gängigste Technologien

Power Consumption Level	Power density (mW/cm ²)
High	>250
Medium	100-250
Low	10-100
Ultra-low	0-10



Fernández, Casanova, Alonso. Review of Display Technologies Focusing on Power Consumption. *Sustainability* **2015**, 7, 10854-10875

Agenda

1. Einleitung
2. Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays
3. Klassifikation von Display Technologien
4. Ultra-Low-Power Display Technologien (E-Paper)
5. Zusammenfassung

Ultra-Low-Power Display Technologien

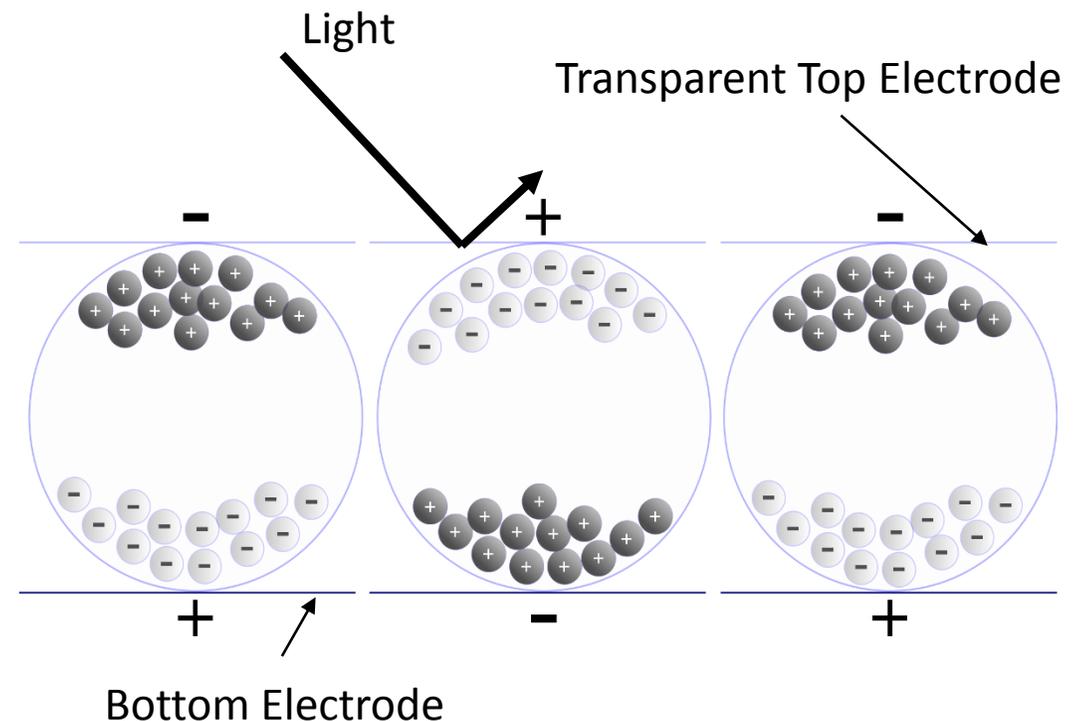
E-Paper - Einleitung

- 1970er von Nick Sheridan, bei Xerox-PARC entwickelt
- Ziel der Technologie: Aussehen von bedrucktem Papier nachahmen
- Grundprinzip: unterschiedlich geladene schwarze/weiße Partikel mit elektrischem Feld auf Displays anordnen
- Varianten: Electrowetting, Electrofluidic, **Elektrophorese** (E-Ink)

Ultra-Low-Power Display Technologien

E-Paper - Funktionsweise

- Bildelemente sind Kapseln gefüllt mit:
 - Einer durchsichtigen Flüssigkeit
 - Schwarzen positiv geladenen Partikeln
 - Weißen negativ geladenen Partikeln
- Zwei Elektroden
- Polarität der Elektroden gibt an, ob die schwarzen oder die weißen Partikel oben sind

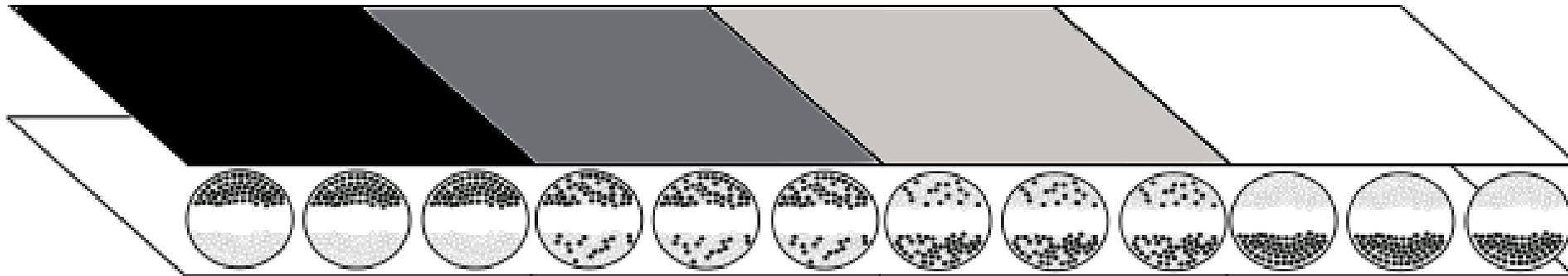


https://de.wikipedia.org/wiki/Elektronisches_Papier#/media/File:Electrophoretic_display_001.svg

Ultra-Low-Power Display Technologien

E-Paper - Funktionsweise

- Graustufen durch Anpassung der Spannung (Stärke des elektrischen Feldes)

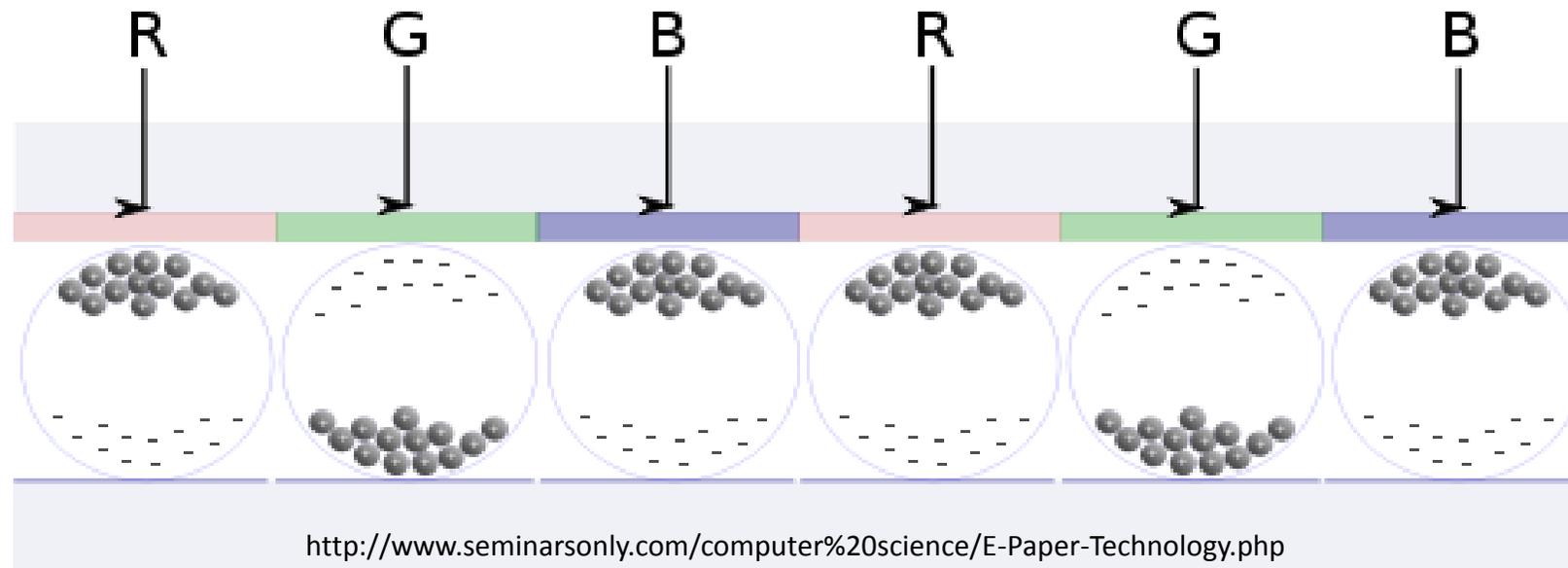


<http://www.europastar.com/magazine/features/1004082605-the-watch-industry-s-big-powwow-part-4.html>

Ultra-Low-Power Display Technologien

E-Paper - Funktionsweise

- Farben darstellbar mit Farb-Filtern (weiß reflektiert die Farbe)



Ultra-Low-Power Display Technologien

E-Paper - Eigenschaften

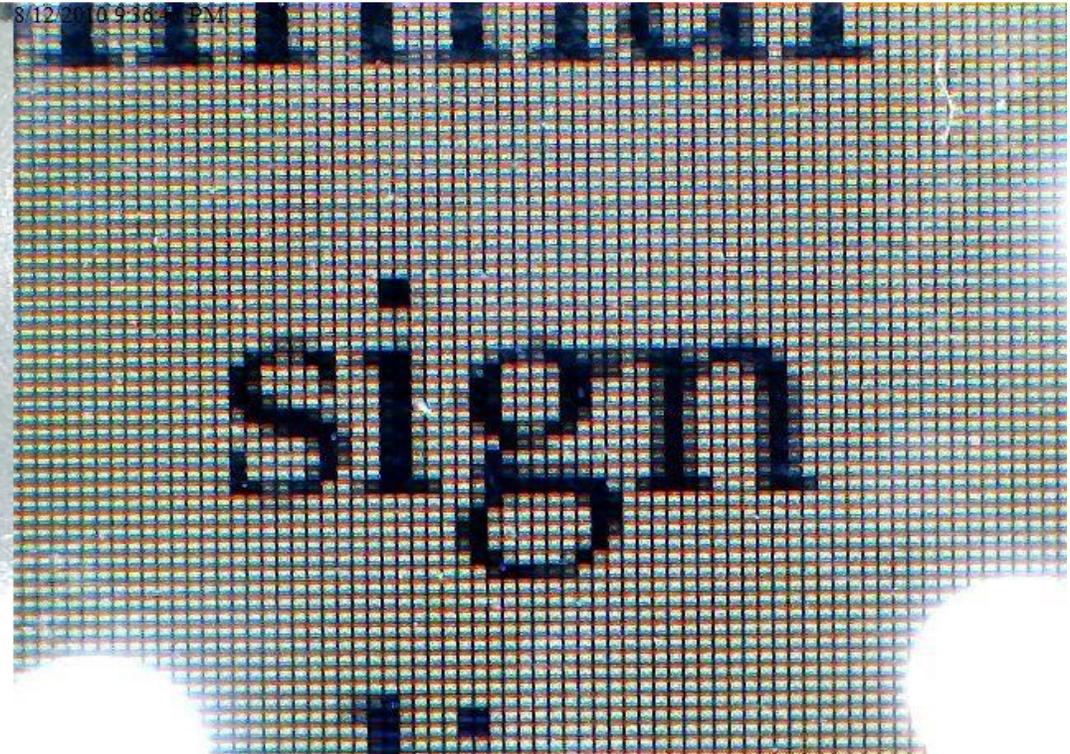
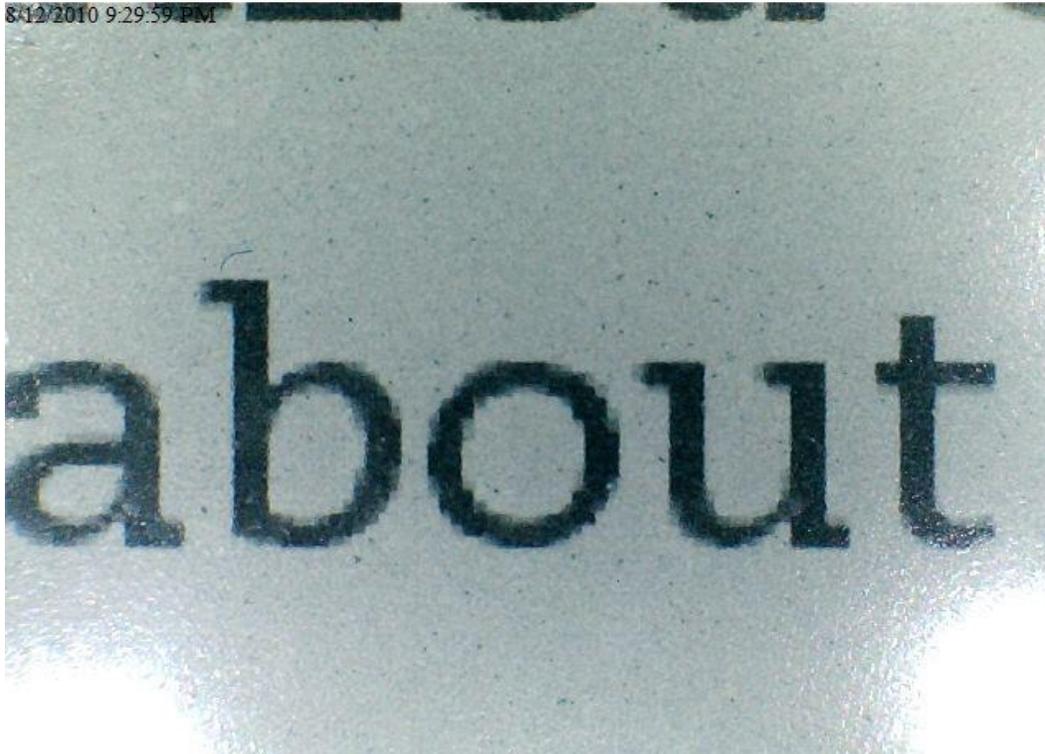
- Bistabil: Kein Energieverbrauch im passiven Betrieb
- Aktiver Betrieb höherer Verbrauch als LCD/OLED
- Reflektiert Licht aus der Umgebung (Non-Emissive/Reflective)
- Monochrome Anwendungen (Farben schlechter als bei LCD/OLED)
- Langsame Aktualisierung des Bildes ggü. LCD/OLED
 - Darstellung von Videos schwierig
 - Energetisch auch nicht sinnvoll
- Ghosting-Effekt

Ultra-Low-Power Display Technologien

E-Paper - Eigenschaften

E-Ink

LCD



<http://osxdaily.com/2010/08/17/ipad-vs-kindle-screen-comparisons/>

Ultra-Low-Power Display Technologien

E-Paper - Anwendungsbeispiele

- Lesegeräte für E-Books (Kindle etc.)
- Festplatten von Western Digital besitzen EPD als E-Label
- Teilweise in älteren Mobiltelefonen (z.B.: Motorola Motofone F3)
- Armbanduhr von Seiko, 2005 mit Segmentanzeige, 2010 mit Matrixdisplay
- Warenhauskette Billa benutzt E-Ink Displays als Preisschilder
- Generell überall dort, wo Papier benutzt wird

Agenda

1. Einleitung
2. Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays
3. Klassifikation von Display Technologien
4. Ultra-Low-Power Display Technologien (LCD)
5. Zusammenfassung

Ultra-Low-Power Display Technologien

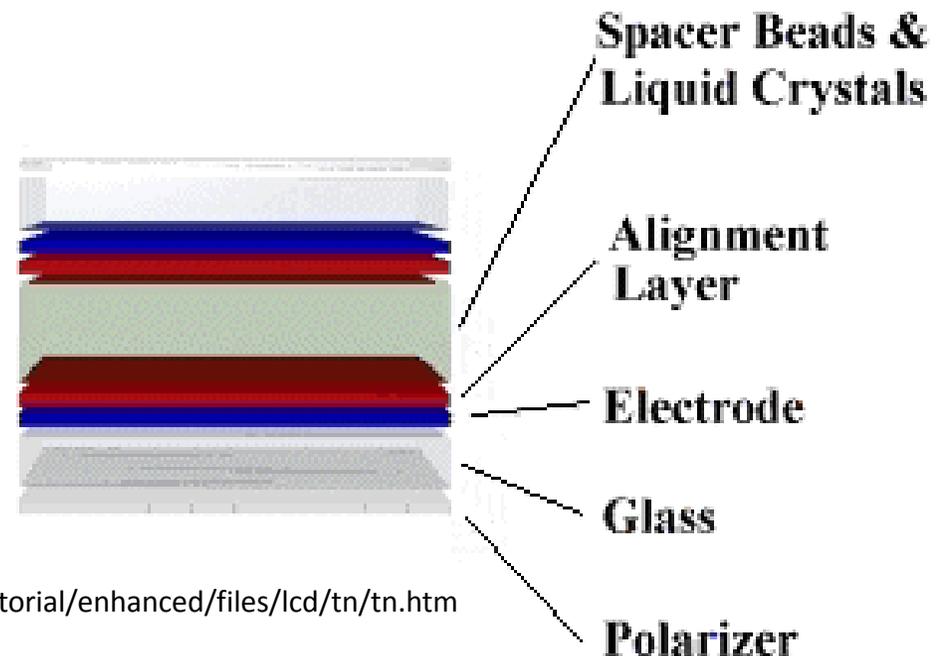
LCD - Einleitung

- LCD (Liquid Crystal Display, Flüssigkristallanzeige)
- Erstes funktionierende LCD Display: 1968, Radio Corporation of America
- Basis sind Flüssigkristallzellen in Twisted-Nematic-Technologie
- Viele weitere Varianten (STN, TSTN, FSTN, DSTN)
 - Versuch LCD-Technologie zu optimieren
 - Unterschiedliche Vor-/Nachteile
 - Grundprinzip bleibt i.d.R. gleich der TN-Technologie

Ultra-Low-Power Display Technologien

LCD - Funktionsweise

- Twisted-Nematic-Kristalle sind in natürlicher Form verdrillt
- Werden durch Anlegen von Spannung entdrillt
→ Durchlassen von Licht kontrollieren
- TN-Zelle besteht aus:
 - 2 Polarisationsfilter
 - Transparente Elektroden
 - Alignment Layer
 - Schicht mit Twisted-Nematic-Kristallen

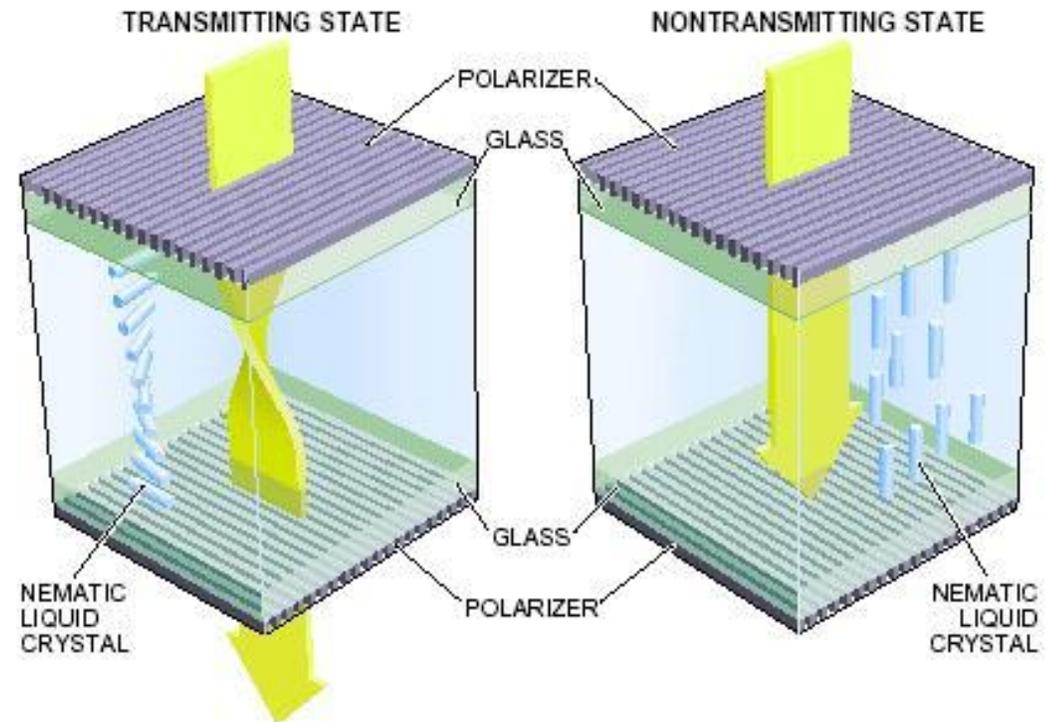


<http://plc.cwru.edu/tutorial/enhanced/files/lcd/tn/tn.htm>

Ultra-Low-Power Display Technologien

LCD - Funktionsweise

- Anordnung der Kristalle ändert sich durch Spannung
- Polarisationsfilter lassen nur Licht auf bestimmter Schwingungsebene durch
- „Normally White Mode“ oder „Normally Black Mode“
- Zusätzliche Lichtquelle nötig



<http://www.ch.ic.ac.uk/local/projects/abbott/LCDs.htm>

Ultra-Low-Power Display Technologien

LCD - Eigenschaften

- TN-Technologie Nicht bistabil
 - Energieverbrauch beim Aufrechterhalten und Aktualisieren
 - Allerdings relativ wenig in beiden Betriebsarten
- Benötigt Hintergrundbeleuchtung (Emissive)
 - Zusätzlicher Energieverbrauch
- Teilweise unlesbar bei direkter Lichteinstrahlung auf das Display
- Energieverbrauch skaliert schlecht mit der Größe (Backlight)

Ultra-Low-Power Display Technologien

LCD - Anwendungsbeispiele

- Weiter Anwendungsbereich, nicht so spezialisiert wie E-Paper (TV, Bildschirme, Laptop, Smartphone, ...)
- 2.7“ Sharp Memory LCD Display Im Prototypen der SolarDoorplate
 - Transflective (Reflective und Emissive, je nach einfallendem Licht)
 - 1-bit Speicher für jedes Pixel, nur veränderte Pixel werden aktualisiert
→ Senkung des Energieverbrauchs um das 130-fache
 - Sehr energiesparend: passiv $50\mu\text{W}$, aktiv $175\mu\text{W}$

Agenda

1. Einleitung
2. Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays
3. Klassifikation von Display Technologien
4. Ultra-Low-Power Display Technologien (OLED)
5. Zusammenfassung

Ultra-Low-Power Display Technologien

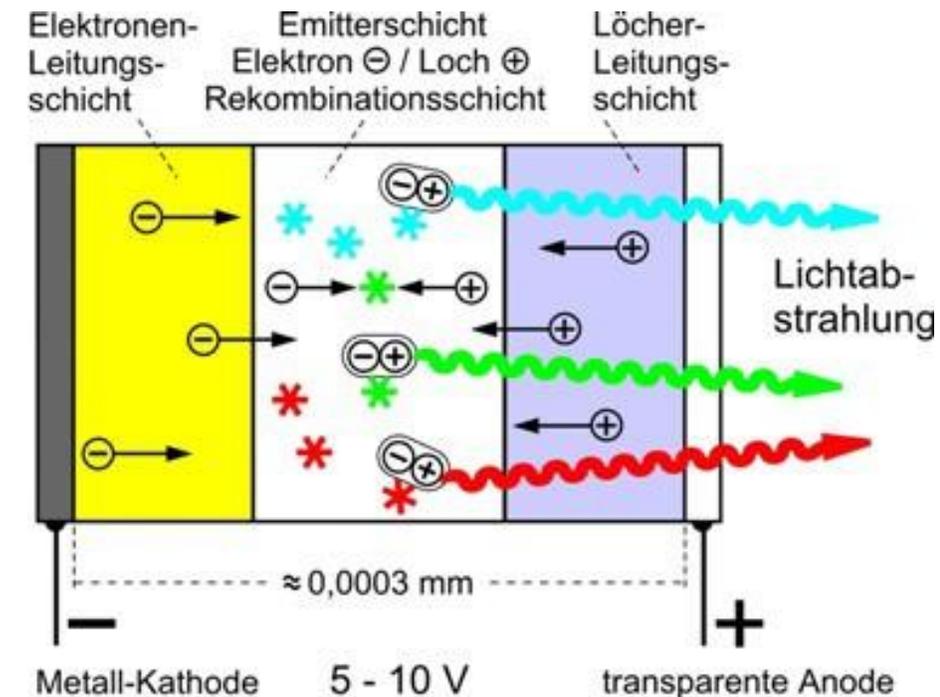
OLED - Einleitung

- OLED – organische Leuchtdiode
- 1950 Entdeckung von Elektrolumineszenz in organischen Materialien
- 1987 erstes funktionierendes OLED-Display
- Grundprinzip: Licht wird in organischen Schichten erzeugt
- Mehrere Varianten, unterschiedliche organische Verbindungen

Ultra-Low-Power Display Technologien

OLED - Funktionsweise

- OLEDs Bestehen aus organischen Schichten
- Elektronen und Löcher von Kathode/Anode
- Treffen aufeinander → Zustand „Exziton“
- Geht in Grundzustand über
→ Aussenden eines Photons
- Farbe des Lichts hängt vom Energieabstand zwischen angeregtem und Grundzustand ab



http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Physikalische_Chemie/Yersin/BMBF.htm

Ultra-Low-Power Display Technologien

OLED - Eigenschaften

- Emissive, aber ohne Backlight
- Schwarze Pixel benötigen keine Energie
 - Wenig Energieverbrauch bei dunklem Hintergrund
 - Hoher Energieverbrauch bei weißem Hintergrund
- Von Natur aus sehr niedriger Energieverbrauch, bis zu 81% weniger als LCD Displays
- Wenig Erfahrung über die Lebensdauer (nicht lange auf dem Markt)

Agenda

1. Einleitung
2. Faktoren des Gesamtenergieverbrauches von Displays
3. Klassifikation von Display Technologien
4. Ultra-Low-Power Display Technologien
5. Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Drei potentielle Ultra-Low-Power Technologien
- E-Paper: Kapseln mit geladenen schwarzen/weissen Partikeln
- LCD: Flüssigkristalle mit Spannung „entdrillen“
 - Durchlassen von Licht kontrollieren
 - I.d.r. zusätzliche Lichtquelle (Backlight) benötigt
- OLED: organische LEDs emittieren je nach Energieunterschied andersfarbiges Licht
- Unterschiedliche Vor-/Nachteile → unterschiedliche Anwendungsbereiche

Zusammenfassung

	E-Paper	LCD	OLED
Vorteile	Kein Verbrauch im passiven Betrieb	Geringer Verbrauch aktiver Betrieb	Geringer Verbrauch aktiver Betrieb
	I.d.R. Keine zusätzliche Lichtquelle	Dunkle Pixel Verbrauchen weniger	Schwarze Pixel verbrauchen nichts
			Keine zusätzliche Lichtquelle
Nachteile	Hoher Verbrauch aktiver Betrieb ggü. LCD/OLED	Skaliert schlecht mit Displaygröße	Lebensdauer teilweise noch fraglich
	Ghosting -> pro Aktualisierung mehr Verbrauch	I.d.r. Backlight	Verbrauch im passiven Betrieb
	Evtl. Umgebungslicht nötig	Verbrauch im passiven Betrieb	Deutlich mehr Verbrauch bei weißem Hintergrund

Zusammenfassung/Anwendungsmöglichkeiten

- **Verschiedene Anwendungsmöglichkeiten**
 - E-Paper: Wenig Aktualisierungen, monochrom, keine schnellen Bildwechsel
 - LCD: Viele Aktualisierungen, Farbe/monochrom, schnelle Bildwechsel
 - OLED: Viele Aktualisierungen, Farbe/monochrom, schnelle Bildwechsel, möglichst viel dunkle Farben im Display, Preis für das OLED-Display egal
- **Projekt**
 - E-Paper erfüllt alle Anforderungen
 - Je nach Frequentierung der Räume könnte LCD sinnvoller sein
- **Vergleich d. Technologien im Allgemeinen gestaltet sich schwierig**
→ besser einzelne Modelle für den konkreten Anwendungsfall

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Quellen

- (1) Fernández, M.R.; Casanova, E.Z.; Alonso, I.G. Review of Display Technologies Focusing on Power Consumption. *Sustainability* **2015**, *7*, 10854-10875.
- (2) Society For Information Display, Definitions and Standard Committee, International Committee for Display Metrology (ICDM). Information Display Measurements Standard. Version 1.03, 2012.
- (3) <http://www.eink.com/technology.html> zuletzt aufgerufen am 10.10.2015
- (4) J. Heikenfeld, Prospects for Emerging e-Paper Technologies, and a New Breakthrough in Electrofluidic Displays, Texas nanotechnology Colloquium, Oct. 2011.

Quellen

- (5) <http://www.sharpmemorylcd.com/aboutmemorylcd.html> zuletzt aufgerufen am 10.10.2015
- (6) Jens Ihlenfeld. Memory in Pixel LCD: Neue Displaytechnik von Sharp. 15.06.2009. <http://www.golem.de/0906/67748.html> zuletzt aufgerufen am 10.10.2015
- (7) <http://www.pervasivedisplays.com/products> Zuletzt aufgerufen am 10.10.2015
- (8) Angel Ullan Nieto. The Basics of Organic Light Emitting Diodes. University of Gent. https://lcp.elis.ugent.be/tutorials/tut_oled zuletzt aufgerufen am 11.10.2015

Quellen

- (9) Organic Light-Emitting Diodes (OLEDs). University of Stuttgart.
<http://www.igm.uni-stuttgart.de/forschung/arbeitsgebiete/oled/index.en.html> zuletzt aufgerufen am 11.10.2015.