

# Display-Technologien für die Dynamische Fahrgastinformation

von Michael Schnell



1. LED-Vollmatrix-Anzeiger monochrom

Sämtliche Aufnahmen: Lumino

**Die Auswahl der passenden Technologie für die Fahrgastinformations-Anzeiger an den einzelnen Standorten einer Ausbaustrecke kann entscheidend die Akzeptanz durch die Fahrgäste und die Kosten bei der Installation und im Betrieb beeinflussen. Neben optischen Gesichtspunkten müssen Aspekte der Nachhaltigkeit vorrangig betrachtet werden.**

Die gesellschaftliche Bedeutung des öffentlichen Nahverkehrs tritt in der politischen Diskussion über Klimawandel, Flächenverbrauch, Umweltverschmutzung, Alterspyramide und Gesundheitsvorsorge immer stärker in den Vordergrund. Insbesondere das europaweit vereinbarte Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduktion lässt sich ohne einen Ausbau des ÖPNV nicht erreichen.

Dadurch ergibt sich für die Verkehrsbetriebe eine besondere Verantwortung zu vorbildlicher Umweltverträglichkeit und nachhaltigem Wirtschaften, während gleichzeitig durch maximale Attraktivität die Kundenzufriedenheit gesteigert werden muss. Die Öffentlichkeit – vertreten durch die Zuschussgeber – erwartet also eine Intensivierung des Angebots, eine

Optimierung der Energie-Effizienz und nachweisbar langfristige Kosten-effizienz. Durch die politisch gewollte Bepreisung von Umweltbelastungen ist der Energieverbrauch des Geräteparks von besonderer Bedeutung und stellt entsprechende Ansprüche an die Auswahl der Fahrgastinformations-Geräte.

Die technische Entwicklung der letzten Jahre hat erhebliche Fortschritte in der Energiebilanz der elektronischen Komponenten wie LEDs und Steuerungstechnik, sowie Solarmodulen und Akkumulatoren gebracht, so dass die Planer immer nachhaltigere Angebote der einschlägigen Hersteller berücksichtigen können und müssen.

## Entwicklungen am Markt elektronischer Displays

Bei LED-Displays sind die minimal möglichen Display-Abmessungen, die Kosten und der Energieverbrauch pro Pixel in den letzten Jahren erheblich gesunken. Aus diesem Grund wird es zunehmend möglich, für dieselbe Anwendung LED-Anzeigen mit einer höheren Auflösung oder farbigen Displays statt monochromer einzusetzen. Andererseits kann in Situationen mit hoher Informationsdichte und relativ geringem Betrachtungsabstand auf moderne LED-Displays zurückgegriffen werden, die – gegenüber herkömmlichen TFT/LCD-Anzeigern in Standard-Monitor-Technik – bezüglich Lesbarkeit, Energiebilanz und Langlebigkeit erhebliche Vorteile aufweisen. Insbesondere bei Standorten mit widrigen Lichtverhältnissen ergeben sich hier entscheidende Unterschiede.

Die Entwicklung bei E-Paper-Displays ist ebenfalls nicht stehengeblieben. Die minimale Betriebstemperatur beträgt bei neuen Designs -15 °C, so dass keine Heizung mehr vorgesehen werden muss. Der Hauptvorteil von E-Paper liegt bei der extrem geringen Stromaufnahme, die es ermöglicht, Solar-betriebene Anzeigegeräte anzubieten, die keine externe Stromversorgung – und dadurch sehr viel weniger aufwendige Tiefbauarbeiten erfordern. Durch die Entwicklung des Wirkungsgrads, der Qualität und der Preise von Solarmodulen und Akkumulatoren können E-Paper-Anzeiger diesen Vorteil jetzt wesentlich effektiver ausspielen als noch vor wenigen Jahren.

Aktuell zeichnet es sich ab, dass Hersteller von High-End-Fernsehgeräten eine Technik anbieten, die aus einer Kombination von LED- und LCD-Display besteht. Hierdurch soll eine hohe Auflösung bei gleichzeitig hohem Kontrast erreicht werden. Die Hersteller verwenden dafür Namen wie „Full Array Local Dimming“, „Q-LED“ und „Mini-LED“. In diesem Artikel wird im Weiteren zusammengefasst der Begriff „Mini-LED“ verwendet. Da diese Art

Tabelle 1: Vergleich Basis-Eigenschaften der wichtigsten Display-Technologien

	LED-Matrix Monochrom oder Farbe	Finepitch- Farbanzeige	Mini-LED (Farbe) <sup>8)</sup>	TFT (Farbe)	OLED
<b>Ableseabstand</b>	für weit geeignet	ehler für nah	nah	nah	i.A. sehr nah
<b>Kontrast</b>	optimal <sup>1)</sup>	sehr gut <sup>1)</sup>	sehr gut <sup>1)</sup>	mäßig <sup>1)</sup>	optimal <sup>2)</sup>
<b>Ablesewinkel</b>	gut	gut	fraglich <sup>3)</sup>	mäßig	optimal
<b>Dynamik</b>	optimal	optimal	optimal	optimal	mäßig
<b>Ästhetik</b>	je nach Auslegung	gut	sehr gut	gut	gut <sup>4)</sup>
<b>Outdoor-tauglich</b>	ja <sup>5)</sup>	ja	nein <sup>6)</sup>	bedingt <sup>7)</sup>	ja
<b>Lebensdauer</b>	optimal	gut	fraglich <sup>3)</sup>	mäßig	<sup>3)</sup>

Legende:

- 1) Ablesbarkeit abhängig vom Umgebungslicht
- 2) bei jeder Beleuchtung
- 3) Es liegen noch keine Erfahrungswerte vor.
- 4) Auslegung in Farbe ist selten
- 5) Monochrome LED-Anzeiger bieten die beste Pixelhelligkeit und das beste Kontrastverhältnis.
- 6) Bisher nur für Verwendung als Fernseher vorgesehen.
- 7) siehe Text
- 8) Für den Einsatz an Haltestellen noch nicht lieferbar.



**2. LED-Vollmatrix-Anzeiger in farbiger Ausführung**

Display explizit für den Massenmarkt und den Gebrauch im Wohnzimmer entwickelt wurde, ist es fraglich, ob der Einsatz im 24/7-Betrieb an einer öffentlichen Haltestelle bereits sinnvoll ist. Es ist aber durchaus möglich, dass es den bekannten Anzeigesystem-Lieferanten in absehbarer Zeit gelingt, diese Technik in ihr Lieferprogramm zu integrieren.

## Vergleich verschiedener Displaytechnologien

An den meisten Standorten bietet es sich an, Fahrgastinformationsanzeiger in monochromer LED-Technik anzustreben. Wegen der geringen Flexibilität kommen heute keine „Character“-Displays mit festgelegten Zeichenpositionen mehr zum Einsatz, obwohl diese die geringsten Anschaffungs- und Energiekosten garantieren. Vollflächige monochrome LED-Anzeiger (Abb. 1) stellen einen Kompromiss zwischen Flexibilität, Lesbarkeit, Anschaffungs- und Energiekosten dar und sind von allen renommierten Herstellern in verschiedenen Ausführungen und in ausgefeilter Konstruktion verfügbar.

Monochrome vollflächige LED-Anzeiger können in statischer und in Multiplex-Technik hergestellt werden. Bezuglich der langfristigen Kosten bieten statische Ausführungen bei im Allgemeinen höherem Anschaffungspreis einen geringeren Energiebedarf und einen – je nach Herstellungsqualität und konkretem Einsatz – deutlich geringeren Wartungsbedarf und höhere Lebensdauer (siehe Tabelle 2).

Farb-LED-Displays (Abb. 2) werden ausschließlich in Multiplex-Technik hergestellt, da sich der technische Aufwand für statische Farb-LED-Anzeigemodule nicht rechtfertigen lässt. Durch diese Technik sind solche Displays meist nicht nur „farbig“ – also mit z.B. acht verschiedenen Farben für unterschiedliche Text-Auszeichnungen auf dem Display, sondern sogar „vollfarbig“ – mit 256 oder mehr Farbnuancen – ansteuerbar.

Dieses Feature lässt sich bei „Finepitch“-Displays (Abb. 3, siehe auch Kasten „Erläuterungen“) mit horizontaler und vertikaler Auflösung von 500 oder mehr Pixeln nutzen, um Fotos oder Filme als Werbebotschaften abzuspielen. Solche Displays verwenden auch für normale Anzeigen Schrifttypen mit einer Linienbreite von mehr als einem Pixel. Für den Fahrgast bieten Finepitch-Displays deshalb ein „gewohnteres“ Schriftbild mit aus Printmedien bekanntem Buchstaben-Design, das unregelmäßigen

**Tabelle 2: Vergleich der Effizienz verschiedener Display-Technologien**

Technologie	durchschnittlich	Energiebedarf			Verschleiß (Kehrwert der MTBF) <sup>10)</sup>			
		abhängig von	Umgebungs-helligkeit	Anzeige-inhalt	durchschnittlich	abhängig von	Umgebungs-temperatur	
<b>LED Monochrom statisch</b>	gering	stark	sehr stark	nein	gering	stark	stark <sup>2)</sup>	stark
<b>LED Monochrom multiplex</b>	mittel	stark	stark	nein	mittel ++ <sup>4)</sup>	stark	sehr stark <sup>2)</sup>	stark
<b>LED Farbe (multiplex)</b>	hoch <sup>6)</sup>	stark	stark <sup>6)</sup>	nein	hoch ++ <sup>4)</sup>	stark	sehr stark <sup>2)</sup>	stark <sup>6)</sup>
<b>LED Farbe Finepitch</b>	sehr hoch <sup>6)</sup>	stark	stark <sup>6)</sup>	nein	sehr hoch ++ <sup>4)</sup> <sup>9)</sup>	stark	sehr stark <sup>2)</sup>	stark <sup>6)</sup>
<b>TFT (Außenbereich)</b>	extrem hoch <sup>1)</sup>	stark <sup>1)</sup>	nein	nein	sehr hoch + <sup>1)</sup> <sup>5)</sup>	stark <sup>1)</sup>	stark <sup>1)</sup>	nein
<b>Mini-LED (Außenbereich)<sup>11)</sup><sup>12)</sup></b>	hoch <sup>6)</sup>	stark <sup>1)</sup>	stark <sup>6)</sup>	nein	hoch ++ <sup>4)</sup> <sup>5)</sup> <sup>9)</sup> <sup>13)</sup>	stark	sehr stark <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	stark <sup>6)</sup>
<b>TFT (Innenbereich)</b>	hoch <sup>1)</sup>	-	nein	nein	hoch + <sup>5)</sup>	-	-	nein
<b>Mini-LED (Innenbereich)<sup>11)</sup></b>	hoch <sup>6)</sup>	-	stark <sup>6)</sup>	nein	hoch ++ <sup>4)</sup> <sup>5)</sup> <sup>9)</sup> <sup>13)</sup>	-	-	stark <sup>6)</sup>
<b>E-Paper</b>	minimal <sup>8)</sup> <sup>14)</sup>	nein	nein	ja <sup>7)</sup>	vermutlich minimal <sup>7)</sup>	kaum	sehr stark <sup>3)</sup>	nein <sup>7)</sup>

### Legende:

- +, ++ Potenzielle Qualitätsprobleme der Hardware können die MTBF beeinflussen.
- 1) vollflächige Hinterleuchtung
- 2) temporäre Aufheizung durch lokal hohen Energieumsatz
- 3) problematische UV-Beständigkeit (spezielle UV-Filter-Scheibe notwendig)
- 4) Da Multiplex-Display-Module (insbesondere Vollfarb-Module) üblicherweise nicht speziell für die professionelle wartungsfreie „24/7“-Anwendung in Verkehrsanzeigern gefertigt werden, sondern für den Einsatz als Großbildschirm bei Veranstaltungen und in der Werbung, ist – je nach Hersteller – zusätzlich mit allgemeinen Qualitätsproblemen zu rechnen, die sich hauptsächlich in der zu erwartenden MTBF zeigen.
- 5) Da TFT- und LCD-Anzeigeflächen üblicherweise nicht speziell für die professionelle wartungsfreie „24/7“-Anwendung in Verkehrsanzeigern gefertigt werden, sondern als Bildschirm für allgemeine Zwecke, ist – je nach Hersteller – potentiell mit Qualitätsproblemen zu rechnen, die sich in der zu erwartenden MTBF zeigen können. Die Verfügbarkeit der TFT-Panels kann äußerst kritisch sein und dadurch eine Reparatur des Anzeigers bei Beschädigung unmöglich machen.

- 6) u.a. durch Konfiguration durch den Verkehrsbetrieb beeinflusst (siehe Text)
- 7) Ob durch hohe Dynamik ein Verschleiß hervorgerufen wird, ist unbekannt, da für E-Paper-Displays in solchen Anwendungen noch keine Langzeit-Erfahrungen vorliegen.
- 8) höher, wenn eine Heizung verwendet werden muss (siehe Text).
- 9) Da ein Finepitch-Display durch die sehr hohe Zahl an Pixeln eine komplexere Steuerung (meist unter Verwendung einer Videoschnittstelle) benötigt als andere LED-Techniken, ist dort mit einer ungünstigeren MTBF zu rechnen als bei einfacheren Konstruktionen.
- 10) Diese MTBF-Schätzungen sind spekulative Anhaltspunkte und nur schwer durch unabhängige Prüfungen nachweisbar.
- 11) Die Bezeichnung Mini-LED steht hier stellvertretend für alle Technologien, die aus einem farbigen LCD-Panel montiert auf einem farbigen LED-Panel bestehen.
- 12) bisher noch nicht angeboten (siehe Text)
- 13) Durch den gleichzeitigen Betrieb des LED- und des LCD-Displays ist der Aufwand an elektronischen Bauteilen drastisch höher als bei anderen Technologien (siehe Text).
- 14) Bei mit Solar-Modulen betriebenen Anzeigern ist die durch den Energieverbrauch verursachte CO<sub>2</sub>-Emission Null.



3. LED-Vollmatrix-Anzeiger in Finepitch-Ausführung

Nutzern eine schnellere Erkennbarkeit erlaubt. Die hohe Auflösung bedingt die Versorgung der LED-Fläche mittels Videotechnik und damit einen erheblich höheren Ansteuerungs-Aufwand als bei anderen LED-basierten Geräten, was wiederum zu einer ungünstigeren MTBF („Mean time between failures“, siehe Kasten „Erläuterungen“) führen kann. Die zunehmende Miniaturisierung erlaubt heute den Einsatz von „Super-“Finepitch-LED-Anzeigern für sehr kurze Betrachtungsabstände. An diesen Standorten musste bisher auf TFT-Monitore zurückgegriffen werden, weil die mangelnde Langlebigkeit den 24/7-Betrieb von OLED-Displays (siehe Kasten „Erläuterungen“) nicht zulässt.

Naturgemäß sind die Anschaffungskosten bei Farb-LED-Displays – und erst recht bei Finepitch-Anzeigern – höher als bei monochromen Varianten, doch durch die weite Verbreitung von fernsehauglichen Großbildschirmen für Veranstaltung und Werbung werden solche Dis-

Tabelle 3: Vergleich der technischen Komplexität bei Matrix-Anzeigern<sup>1)</sup>

	<b>Monochrom Vollmatrix</b>	<b>Finepitch- Farbanzeige</b>	<b>Mini-LED (Farbe)</b>	<b>TFT (Farbe)</b>	<b>Einheit</b>
<b>Displaygröße</b>	ca. 100 * 40	ca. 100 * 50	ca. 130 * 80	ca. 100 * 50	cm
<b>Auflösung (Horizontal * vertikal)</b>	192 * 64	512 * 256	200 * 128 + 1920 * 1200 <sup>4)</sup>	1920 * 1200	
<b>Pixel</b>	12.288	131.072	ca. 25.600 + ca. 2.000.000	ca. 2.000.000	
<b>LEDs</b>	ca. 12.000	ca. 400.000	ca. 78.000	ca. 20 <sup>4)</sup> <sup>6)</sup>	
<b>Dynamische Helligkeitsstufen pro Pixel</b>	1	3 * 256	3 * 256	3 * 256	Bit
<b>Steuerung</b>	1	≥ 1 <sup>2)</sup> <sup>3)</sup>	≥ 1 <sup>2)</sup> <sup>3)</sup>	≥ 1 <sup>2)</sup> <sup>3)</sup>	komplexe Baugruppen
<b>Anzeigefeld-Adapter</b>	./.	2	⁹)	⁹)	MHz
<b>Schnittstelle zum Anzeigefeld Frequenz</b>	6 * ca. 0,2	32 * ca. 10	⁹)	⁹)	M Bit / Sek.
<b>Schnittstelle zwischen Steuerung und Anzeigefeld-Adapter (Video)</b>	./.	5 * ca. 250	⁹)	⁹)	
<b>Frequenz des Hauptprozessors</b>	50 ... 100	1000 ... 2000	ca. 3000	ca. 3000	MHz
<b>Frequenz des Prozessors für die Grafik-Aufbereitung/-Übertragung</b>	50 ... 100	1000 ... 2000	ca. 3000	ca. 3000	MHz
<b>Arbeitsspeicher (RAM)<sup>7)</sup></b>	ca. 1	ca. 1000	ca. 4000	ca. 4000	MByte
<b>Festwert-Speicher (Programmcode)<sup>7)</sup></b>	ca. 0,5	ca. 2000	⁹)	⁹)	MByte

Vergleich der technischen Komplexität bei Matrix-Anzeigern 1) für eine typische Anwendung mit bis zu siebenzeiliger Abfahrtsanzeige (eine Display-Seite)

	<b>Monochrom Vollmatrix</b>	<b>Finepitch- Farbanzeige</b>	<b>Mini-LED (Farbe)</b>	<b>TFT (Farbe)</b>	<b>Einheit</b>
<b>Displaygröße</b>	ca. 100 * 80	ca. 75 * 75	ca. 150 * 80	ca. 150 * 80	cm
<b>Auflösung (Horizontal * vertikal)</b>	192 * 128	512 * 512	400 * 256 + 3840 * 2160 <sup>4)</sup> <sup>5)</sup>	3840 * 2160	
<b>Pixel (je Seite)</b>	24.576	262.144	ca. 100.000 + ca. 8.000.000	ca. 8.000.000	
<b>LEDs</b>	ca. 25.000	ca. 800.000	ca. 3.000.000	ca. 40 <sup>4)</sup> <sup>6)</sup>	
<b>Dynamische Helligkeitsstufen pro Pixel</b>	1	3 * 256	3 * 256	3 * 256	Bit
<b>Steuerung</b>	1	≥ 1 <sup>2)</sup> <sup>3)</sup>	≥ 1 <sup>2)</sup> <sup>3)</sup>	≥ 1 <sup>2)</sup> <sup>3)</sup>	komplexe Baugruppen
<b>Anzeigefeld-Adapter</b>	./.	4	⁹)	⁹)	MHz
<b>Schnittstelle zum Anzeigefeld</b>	12 * ca. 0,2	64 * ca. 10	⁹)	⁹)	M Bit / Sek.
<b>Schnittstelle zwischen Steuerung und Anzeigefeld-Adapter (Video)</b>	./.	10 * ca. 250	⁹)	⁹)	
<b>Frequenz des Hauptprozessors</b>	50 ... 100	1000 ... 2000	ca. 3000	ca. 3000	MHz
<b>Frequenz des Prozessors für die Grafik-Aufbereitung/-Übertragung</b>	50 ... 100	1000 ... 2000	ca. 3000	ca. 3000	MHz
<b>Arbeitsspeicher (RAM)<sup>7)</sup></b>	ca. 1	ca. 2000	ca. 8000	ca. 8000	MByte
<b>Festwert-Speicher (Programmcode)<sup>7)</sup></b>	ca. 0,5	ca. 2000	⁹)	⁹)	MByte

Vergleich für eine typische Anwendung mit bis zu 14-zeiliger Abfahrtsanzeige (eine Display-Seite)

Legende:

- 1) Beispielhafte Aufstellung: Die Komplexität einer elektronischen Anlage – also die Anzahl der Funktionen und Geschwindigkeit der digitalen Operationen – hat Einfluss auf die dynamische Störanfälligkeit und die MTBF und damit auf die langfristigen Kosten.
- 2) Betriebssystem: Linux (siehe Kasten „Erläuterungen“)
- 3) Je nach Bauart werden oft auch Konstruktionen aus mehreren komplexen Baugruppen verwendet.
- 4) geschätzt
- 5) vermutlich in Entwicklung
- 6) Weiße High-Power-LEDs für die vollflächige Hinterleuchtung
- 8) Da die MTBF bei den verwendeten Speichermedien „RAM“ und „Flash“ wenig kritisch ist, bleibt ihr Einfluss beim Durchschnitt unberücksichtigt. Der Einfluss der Software selber – die bei einem Linux-System erheblich komplexer ist und den erhöhten Ressourcenbedarf bedingt – bleibt hier ebenfalls unberücksichtigt.
- 9) Hersteller-spezifisch



4. TFT-Anzeiger im Innenbereich



5. TFT-Anzeiger im Außenbereich

plays inzwischen relativ preisgünstig angeboten. Ob diese Angebote, die fast immer unter Verwendung von Display-Modulen fernöstlicher Hersteller gefertigt werden, dem gewünschten Qualitätsstandard für einen wartungsfreien Dauerbetrieb entsprechen, muss während der Planung recherchiert und vor der Bestellung sichergestellt werden (siehe Tabelle 3).

Die Energiebilanz ist bei Farb-LED-Displays stark abhängig von der hier sehr freien Gestaltung des Layouts der Darstellungen in verschiedenen Betriebssituationen und Umgebungsbedingungen. Beispielsweise wird bei Vollfarb-Displays gerne eine Hintergrundfarbe oder sogar eine inverse Darstellung (dunkler Text auf hellem Grund) verwendet, obwohl das die Lesbarkeit nicht verbessert und bei hoher Umgebungshelligkeit die Hintergrundfarbe ohnehin nahezu unsichtbar wird. Diese Design-Maßnahme erhöht aber den Energieverbrauch – insbesondere bei hoher Umgebungshelligkeit – deutlich, und verringert dadurch auch die Lebensdauer der elektronischen Komponenten.

Insgesamt ist der Wartungsbedarf elektronischer Komponenten (technisch entsprechend der MTBF) abhängig von der Anzahl der Bauteile, der durchschnittlichen Betriebstemperatur innerhalb des Gehäuses, und bei Leistungskomponenten vom durchschnittlichen und wiederholt auftretenden maximalen Strom. Offensichtlich ergibt sich hier für LED-Anzeiger in einer vergleichbaren Anwendung grob die folgende Rangfolge (von geringstem zu höchstem voraussichtlichen Wartungsaufwand, siehe Tabelle 3):

- Monochrom Vollmatrix statisch
- Monochrom Multiplex (Je nach Hardware-Qualität und Einsatzfall überwiegt der durch die hohen Spitzenströme hervorgerufene Verschleiß-Effekt die möglicherweise geringere Bauteilzahl der Multiplex-Technik.)

- Farbanzeiger
- Finepitch-Farbanzeiger (siehe Tabelle 3)
- Mini-LED (siehe unten)

Dieselbe Rangfolge wird sich auch bei der Beurteilung des Energieverbrauchs ergeben. Da die Anzahl der elektronischen Bauteile hier keine Rolle spielt, fallen die Unterschiede zwischen den Technologien weniger drastisch aus, dafür kann aber das anwendungsspezifische Anzeigelayout den Leistungsverbrauch stark beeinflussen.

TFT-Displays konnten sich hauptsächlich beim Einsatz in geschlossenen Räumen (Abb. 4) oder zumindest überdachten Umgebungen durchsetzen. Da sie grundsätzlich handelsüblichen Monitoren entsprechen, lassen sich ihre Gestaltungsmöglichkeiten und Betriebsparameter, wie der Umgebungslicht-abhängige Energieverbrauch durch die Hinterleuchtung, leicht abschätzen. Bezüglich der Betriebskosten sind herstellerspezifische Qualitätsmerkmale (MTBF) kritisch und müssen vor der Auftragsvergabe abgeklärt werden. Da die dauerhafte vollflächige Hinterleuchtung der als Licht-Tore arbeitenden Pixel im Durchschnitt erheblich mehr Energie verbraucht als einzeln geschaltete LED-Lichtquellen ist mit Nachteilen bezüglich der Energiebilanz und des Verschleißes zu rechnen.

Seit einiger Zeit werden auch farbige TFT-Displays für den Außen Einsatz (Abb. 5) angeboten. Da der Energieumsatz nicht vom Anzeigehinhalt abhängig ist, bieten sich bei TFT-Displays Layouts mit Hintergrundfarben, Grafiken, Werbebotschaften etc. an.

Weil das TFT-Panel fast das komplette von der Hinterleuchtung erzeugte Licht verschluckt, muss mit einem etwa zehnfach höheren Energieumsatz gerechnet werden als bei LED-Anzeigen, die nur die aktiven Lichtpunkte mit Elektrizität versorgen.

## Erläuterungen

<b>DFI</b>	Dynamische Fahrgast-Information
<b>E-Paper</b>	Elektronisches Papier: Von E-Books bekannte, üblicherweise monochrome Displaytechnologie mit elektrostatisch bewegten Elementen als Display-Pixel
<b>Finepitch-Display:</b>	Hier sind LED-Anzeigegeräte gemeint, die eine erheblich höhere Dichte an Leuchtpunkten bieten, als zur akzeptablen lesbaren Darstellung des für die Fahrgastinformation relevanten Textes notwendig ist.
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display: Display auf Basis von „Flüssigkristall“-Technologie
<b>LED</b>	Light Emitting Diode: Leuchtdiode
<b>MTBF</b>	Mean Time Between Failures: Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen für reparierbare Einheiten. Die MTBF ist ein Maß für den Verschleiß und Wartungsbedarf elektronischer Komponenten. Je kleiner die MTBF, desto höher ist der zu erwartende jährliche Wartungsbedarf und desto kürzer die voraussichtliche Lebensdauer eines Gerätes.

**Multiplex-LED-Ansteuerung:** Die einzelnen leuchtenden LEDs werden nicht permanent („statisch“) angesteuert, sondern intermittierend mit hohem Strom versorgt, und liefern in schneller Folge kurze sehr helle Licht-Impulse.

**OLED-Display:** Organic Light Emitting Diode: Technik mit diffundierten Farbstoffen zur Herstellung extrem hochauflösender Displays mit selbstleuchtenden Pixeln. OLED-Displays werden momentan häufig in mobilen Devices und gelegentlich in High-Class-Fernsehern eingesetzt.

**TFT** Thin-Film Transistor: Von „Flachbildschirmen“ und Computer-Monitoren bekannte, üblicherweise farbige Displaytechnologie, die aus einer von hinten vollflächig beleuchteten Flüssigkristallanzeige besteht.



6. E-Paper-Display

Der gegenüber LED-Displays schlechtere Wirkungsgrad und damit höherer Stromverbrauch wirkt sich direkt auf die Betriebskosten und die Umweltbilanz aus und führt außerdem wegen der durch die Verlustwärme erhöhten Temperatur und die notwendige zusätzliche Kühlung potenziell zu einer ungünstigen MTBF.

Der Kontrast von TFT-Displays ist dem von LED-Panels deutlich unterlegen, wodurch sich bei Standorten mit widrigen Lichtverhältnissen Probleme mit der Ablesbarkeit ergeben können. Im Außenbereich kann je nach Gerätekonstruktion auch die technologisch bedingte Empfindlichkeit von LCD/TFT-Panels gegen hohe Dosen von UV-Strahlung problematisch sein.

Mini-LED-Displays werden im Moment noch von keinem der renommierten Fahrgast-Informationssystem-Häusern angeboten. Der Vorteil dieser neuen Technologie ist die hohe Auflösung bei gleichzeitig sehr gutem Kontrastverhältnis und einer Energiebilanz, die eher einem Finepitch-LED-Display als einer vollflächig hinterleuchteten TFT-Anzeige entspricht.

Da Mini-LED-Displays im Prinzip aus einem LED-Display mit vorgesetztem LCD-Panel bestehen, ist der technische Aufwand und damit die potenzielle Wartungsanfälligkeit höher als bei jeder anderen Technologie. Auch die oben beschriebenen Probleme von LCD/TFT-Panels werden sich hier nicht restlos vermeiden lassen.

Bisher werden E-Paper-Displays (Beispiel: Abb. 6) für die Fahrgastinformation nur selten und fast nur im Innenbereich eingesetzt. Gründe sind:

- das relativ kleine Format der Panels,
- die mangelhaften Fähigkeiten zur dynamischen Darstellung – ein Update kann einige Sekunden dauern und mehrere sichtbare Zwischenschritte erfordern,
- der – bei für DFI relevanten Formaten – hohe Hardwarepreis,
- Probleme beim Betrieb bei niedrigen Temperaturen und

- die technisch aufwändige Speisung der Panels mit Daten und Elektrizität.

In einer Gegenüberstellung der Display-Technologien dürfen E-Paper Displays aber nicht fehlen, da der durchschnittliche Energieverbrauch extrem niedrig ausfällt. Das Display erhält sogar im stromlosen Zustand seinen Informationsinhalt, ist bei Beleuchtung durch eine externe Lichtquelle – sei es die Sonne oder eine Straßenlaterne – ungeachtet deren Helligkeit optimal ablesbar, und in der Dunkelheit reicht eine schwache eingebaute Lichtquelle.

Probleme bei niedrigen Temperaturen scheinen durch neue Entwicklungen weitgehend ausgeräumt zu sein. Deshalb sind diese Displays jetzt auch für den Einsatz im Freien geeignet und können dort den Vorteil ausspielen, der sich durch die ebenfalls in letzter Zeit deutlich kleiner und günstiger gewordene Solar-Panel- und Akkumulatoren-Technik ergibt.

Die Fahrgast-Informationssystem-Häuser bieten in zunehmendem Maße E-Paper-Anzeiger an, die ohne externe Stromversorgung auskommen und per Funk mit Daten beschickt werden. Hierdurch lassen sich aufwändige Erdarbeiten vermeiden und eine flexible Planung der Aufstellungsorte realisieren.

## Fazit

Die für jeden Standort optimale Auswahl der DFI-Anzeiger ist ein wichtiges Kriterium bei der Planung des Ausbaus des Öffentlichen Nahverkehrs. Hier müssen (neben den Einkaufspreisen) unter anderem folgende Bereiche berücksichtigt werden:

- Attraktivität für den Fahrgast durch optimale Lesbarkeit und schnelle Erfassung der wichtigen Informationen
- Installation
- Energie
- Datenversorgung
- Besonderheiten der einzelnen Standorte
- Schnittstellen zwischen den Produkten der einzelnen Lieferanten
- Wartung
- Lebensdauer
- Ersatzbeschaffung
- Entsorgung

**Nur durch eine qualifizierte Analyse bei der Planung kann der Verkehrsbetrieb den Erwartungen der Öffentlichkeit zu nachhaltigem Wirtschaften gerecht werden und die Attraktivität des Öffentlichen Nahverkehrs steigern.**

Weitere Ausführungen zu diesem Thema finden sich im Artikel „Total Cost of Ownership bei der Dynamischen Fahrgastinformation“ in „stadtverkehr“ 11/2019.

## Disclaimer

Der Autor ist Mitarbeiter der Lumino Licht Elektronik GmbH, einem führenden Anbieter fast aller angesprochenen Display-Technologien sowie Infrastrukturrelementen, Software und zugehöriger Dienstleistungen.

Im Mittelpunkt des Artikels steht, allgemeine Grundsätze zur Beurteilung der in Frage kommenden Display-Technologien zu beleuchten. Auf Empfehlung bestimmter Produkte bzw. technischer Systeme wird generell verzichtet. Es gibt kein „Kochrezept“ für die Schätzung der langfristigen Betriebskosten einer DFI-Anlage. Die Variabilität der Projektauslegung und der Einschätzung der Produk-



te und Hersteller ist enorm. Demzufolge werden hier keine quantifizierten Angaben angeboten. Bezuglich der Energiebilanz der verschiedenen lieferbaren Anzeigetechnologien kann die Lumino GmbH auf Wunsch verlässliche projektbezogene Kalkulationen anbieten.

Bild: Michael Schnell

Aufnahme: Autor