

B.N.4.2.1.1

Analoge und digitale Verfahren II: Video

Teil 2

Grundlagen der Fernsehtechnik:

Das Videosignal

Die Kathodenstrahlröhre

Strahlableitung

Farbwiedergabe

Nadja Wallaszkovits

abk—

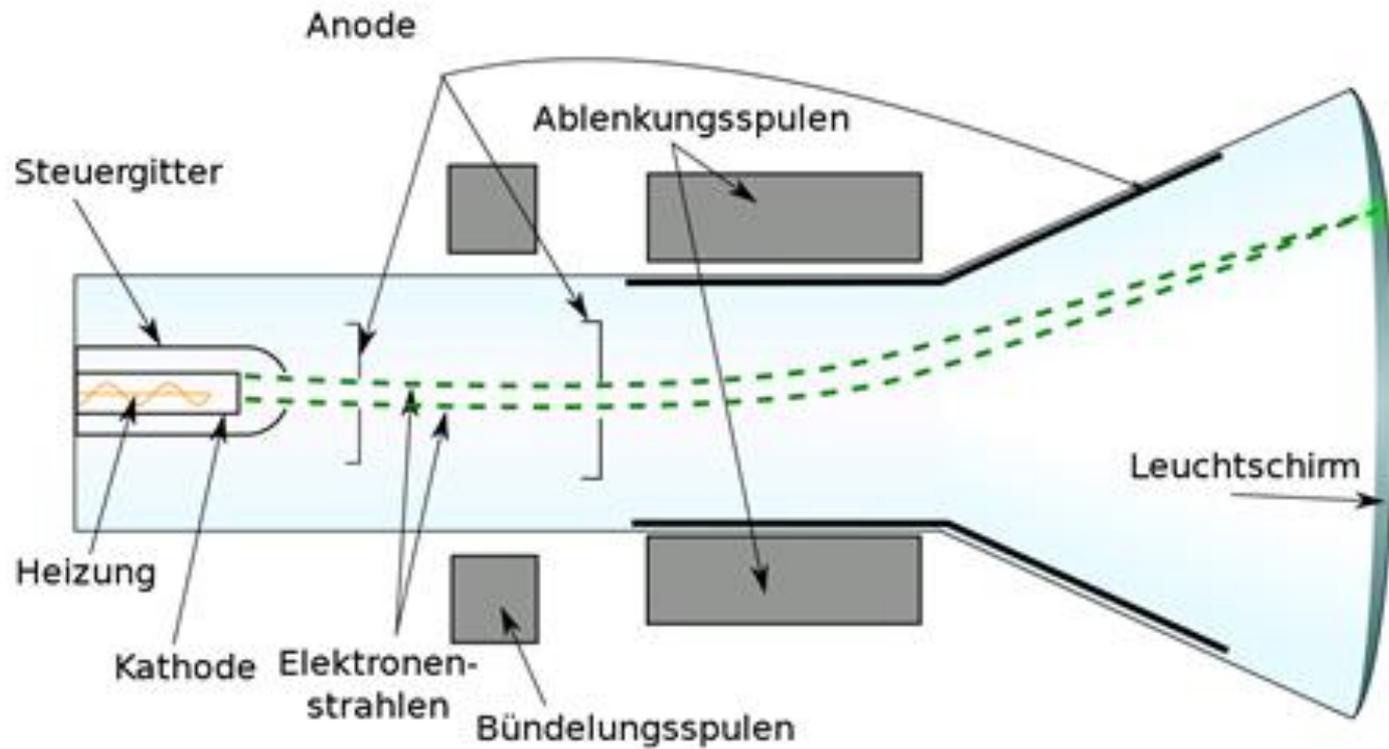
Staatliche Akademie
der Bildenden Künste
Stuttgart

Grundlagen der Fernsehtechnik

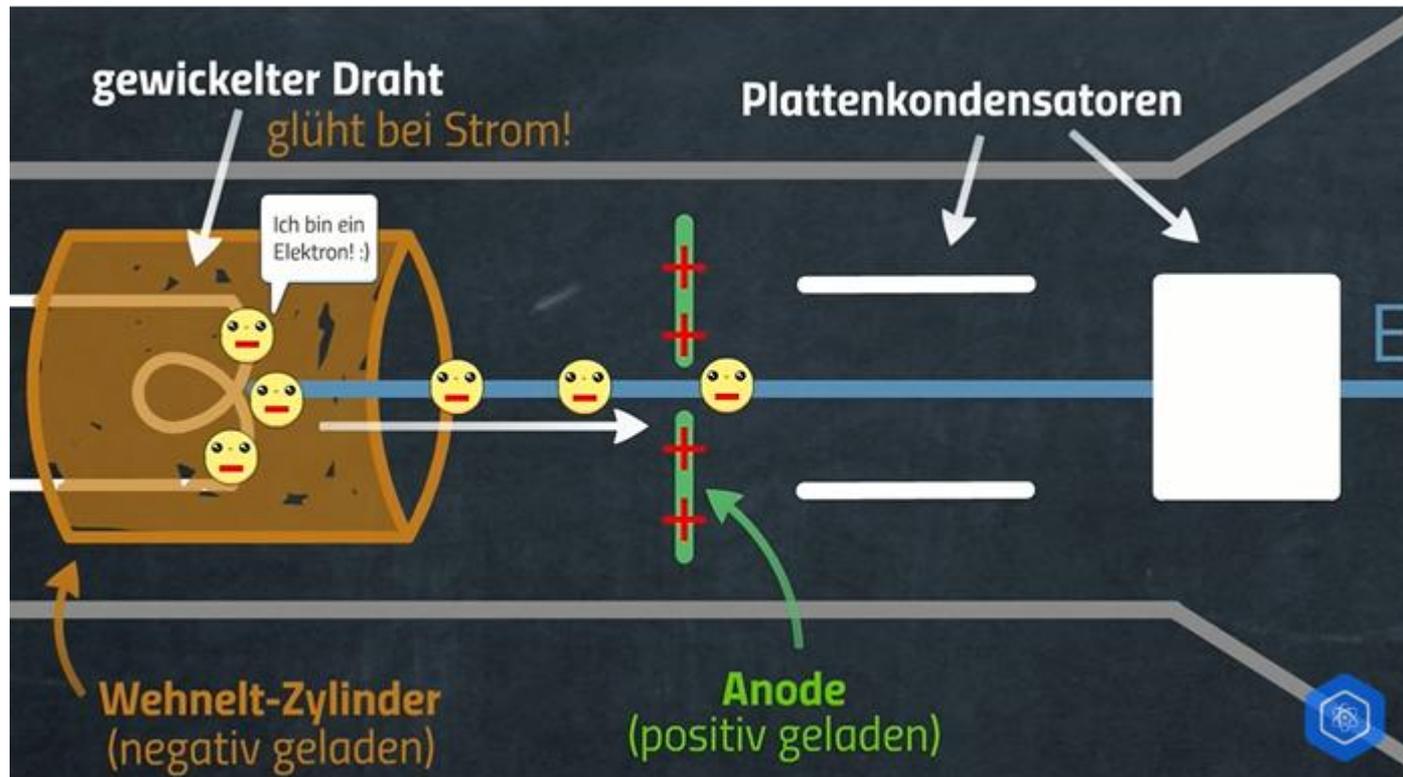
Das Videosignal

- Im Prinzip ist ein Video-Signal lediglich ein zweidimensionales Array von Intensitäts- und Farbdaten, welches mit einer regelmäßigen Bildfrequenz aktualisiert wird und so die Wahrnehmung von Bewegung vermittelt.
- Bei herkömmlichen TV-Geräten und Monitoren mit Kathodenstrahlröhre (Cathode Ray Tube, CRT) bringt ein Elektronenstrahl, der mit dem in Bild 1 gezeigten analogen Video-Signal moduliert und von oben nach unten und von links nach rechts über den Schirm geführt wird, Phosphor auf dem Bildschirm zum Leuchten.

Die Kathodenstrahlröhre: Aufbau



<https://www.youtube.com/watch?v=i1XzB4rYm-4>



Die Kathodenstrahlröhre

- Ähnlich wie Glühlampen bestehen Kathodenstrahlröhren aus geschlossenen, **evakuierten Glaskolben**. Das Innere ist luftleer, es befindet sich also ein Vakuum im Glaskolben, damit der Elektronenstrom nicht von Luftmolekülen behindert wird. Allerdings ist das Glas sehr viel dicker als bei einer Glühlampe, um dem hohen Außendruck standhalten zu können.
- Je breiter die Fläche, desto höher der Druck. Wenn man von ca. 1 bar ausgeht, entspricht das ungefähr einem Druck von 1 kg/cm^2 . Deshalb müssen größere Geräte auch eine entsprechend dickere Glaskolbenwandung haben.

Die Kathodenstrahlröhre

- Die Elektronen werden erzeugt, indem eine Metallfläche (Kathode) mit einem Glühdraht erhitzt wird. Die Wärme oder auch thermische Energie, die dabei entsteht, macht es möglich, dass die Elektronen aus der Kathode austreten.
- Der sogenannte **Wehneltzylinder mit negativem Potential** umgibt die Kathode, wobei an der Seite, die zum Bildschirm zeigt, ein kleines Loch dafür sorgt, dass der Elektronenstrahl austreten kann.
- Über die **Spannungsdifferenz zwischen Kathode und Wehneltzylinder** wird die **Strahlungsintensität** gesteuert, das heißt, dass der Elektronenstrahl nicht unmittelbar nach seiner Erzeugung sofort wieder auseinander driftet (divergiert).

Die Kathodenstrahlröhre

- Die Kathode ist die Gegenelektrode zur Anode. Diese besteht bei Kathodenstrahlröhren oft aus einer elektrisch leitenden Schicht an der Innenseite des konischen Glaskörpers und einem Zylinder, der direkt in der Strahlenbahn liegt.
- Bei Schwarz/Weiß-Röhren werden die Elektronen mit ungefähr 18 kV auf die Anode beschleunigt. Dabei gelangen sie in den Bereich der sogenannten **Fokussierelektroden, die für die Bildschärfe** verantwortlich sind. Hier wird ein elektrisches Feld erzeugt, das den Elektronenstrahl bündelt.
- Sobald die Elektronen die Anode passiert haben, „fliegen“ sie bei konstanter Geschwindigkeit bis zur Leuchtschicht weiter. Dabei werden die Leuchtstoffe (Phosphore) zur Lichtemission angeregt. Diese erfolgt **ungerichtet**, weshalb bei der **Betrachtung eines Röhrenbildschirms die Blickrichtung relativ unabhängig ist.**

Die Kathodenstrahlröhre

- Je schneller der Elektronenstrahl, desto höher die Leuchtdichte.
- Eine **zu hohe Leuchtdichte** muss aber **vermieden** werden, denn bei großem Strahlstrom würde sich auch der Elektronenstrahldurchmesser erhöhen, was wiederum eine **verringerte Bildschirmauflösung** zur Folge hätte.
- Deshalb wird die **Strahlstromstärke relativ gering** gehalten (unter 1 mA). Auch die Beschleunigungsspannungen am Anodenanschluss liegen unterhalb von 30 kV.
- Wären die Elektronen zu schnell, würden sie beim Auftreffen auf die Leuchtschicht beziehungsweise die Glaskolbenwand so stark abgebremst werden, dass eine ungewollte Röntgenstrahlung entstünde.



Schwarz-Weiß-Bildröhre mit zugehöriger Ablenkeinheit

Die Kathodenstrahlröhre

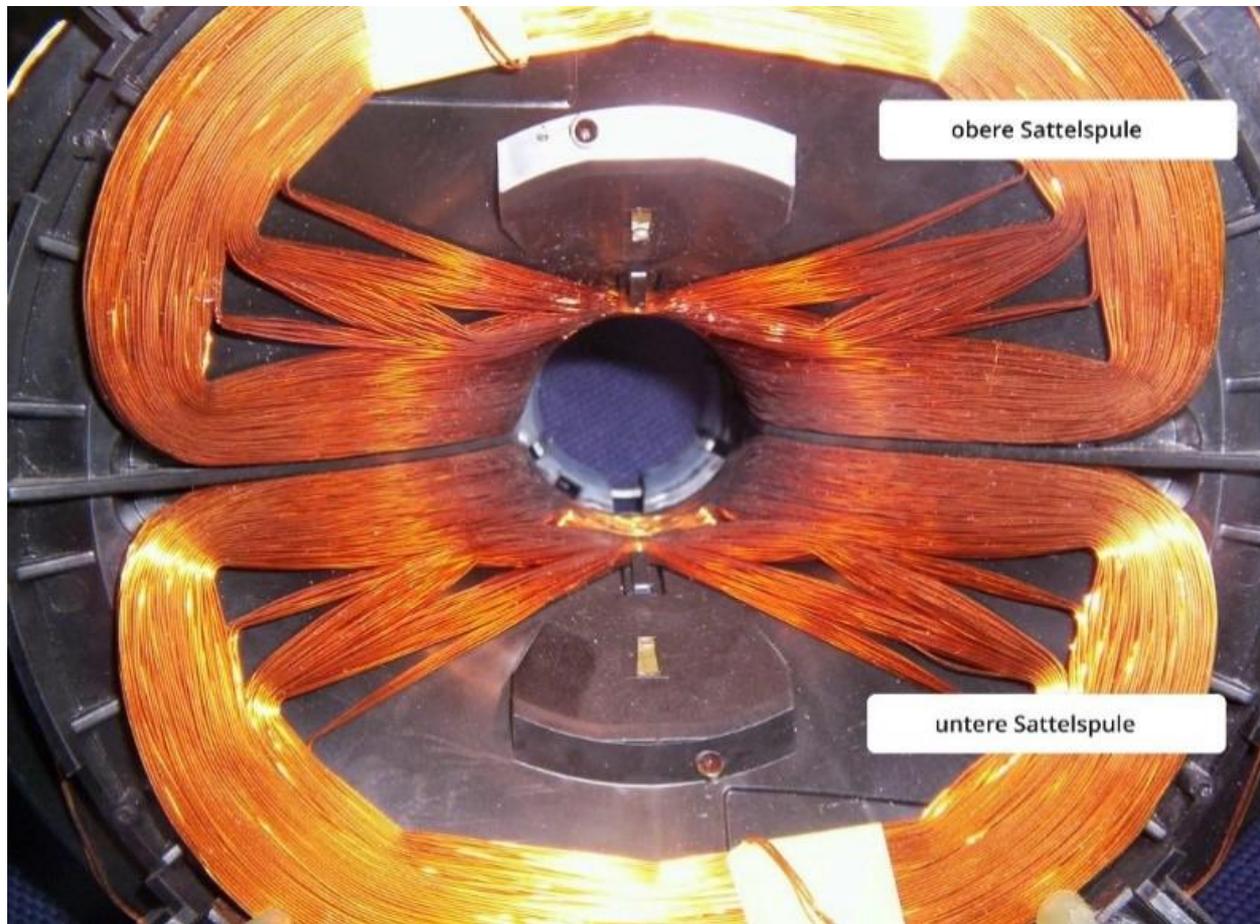
- Der Leuchtschirm besteht aus einer leitfähigen Schicht und ist mit einer dünnen Aluminiumschicht hinterlegt. Damit ist zum einen möglich, dass die Elektronen zur Anode abfließen können und sich damit der Stromkreis schließt. Zum anderen werden durch den aluminiumhinterlegten Leuchtschirm die Sekundärelektronen abgeleitet, welche dabei entstehen, wenn der Elektronenstrahl auf die Leuchtschicht trifft.
- Darüber hinaus reflektiert diese das Licht, damit die Leuchtstoffe in den Röhreninnenraum abstrahlen können.
- Infolgedessen wird sowohl die Bildhelligkeit als auch gleichzeitig der Kontrast erhöht.
- Der Kontrast wird auch durch die Verwendung von Grauglas gesteigert, das meistens für die Herstellung der Röhren verwendet wurde.

Strahlableitung

- Für eine zweidimensionale Bilddarstellung muss der gebündelte Elektronenstrahl sowohl vertikal als auch horizontal abgelenkt werden.
- Diese Strahlableitung kann entweder durch elektrische oder magnetische Felder erfolgen.
- Da Fernseh- und Monitorröhren in der Regel einen großen Bildschirm und einen kurzen Röhrenhals haben, ist es notwendig, den relativ kurzen Elektronenstrahl in einem breiten Winkel zu streuen.
- Dazu dienen starke magnetische Felder, die durch zwei verschiedene Spulensysteme auf einem gemeinsamen Ferritkörper erzeugt werden:

Strahlableitung

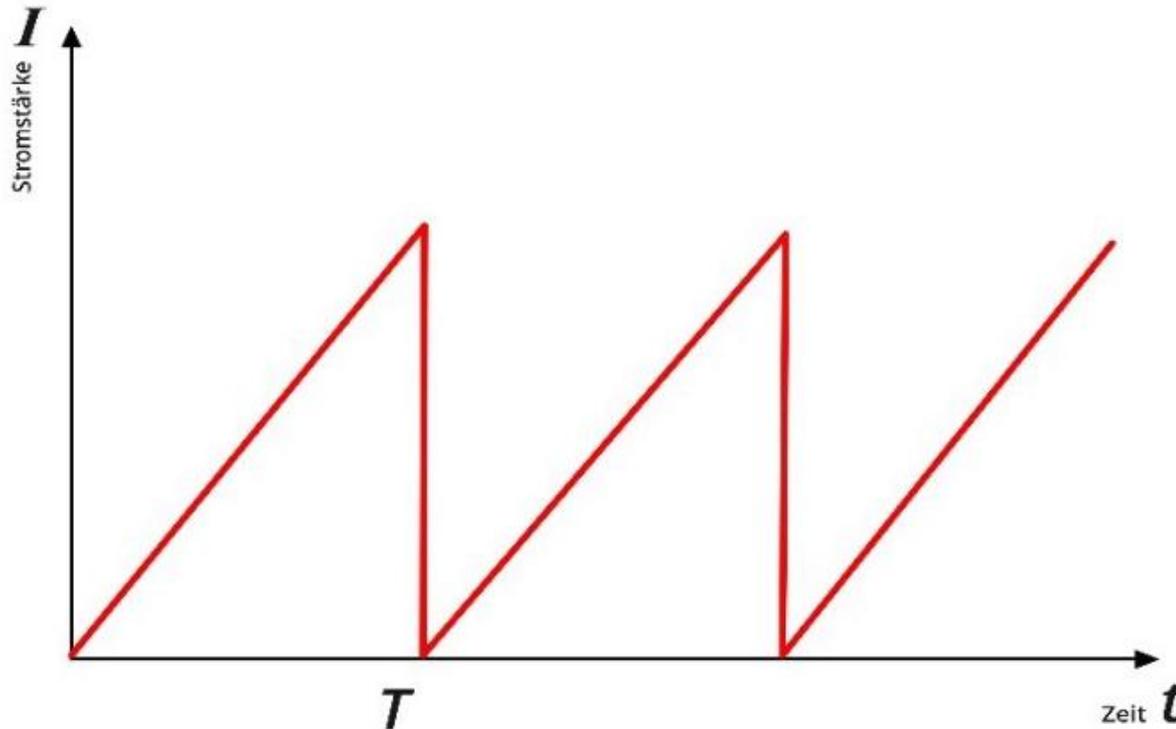
- Horizontalableitungsspulen einer Fernseh-Bildröhre. Diese Spulenanordnung ist auf dem Röhrenhals angebracht:



<https://virtuelle-experimente.de/kanone/klassisch/simulation.php>

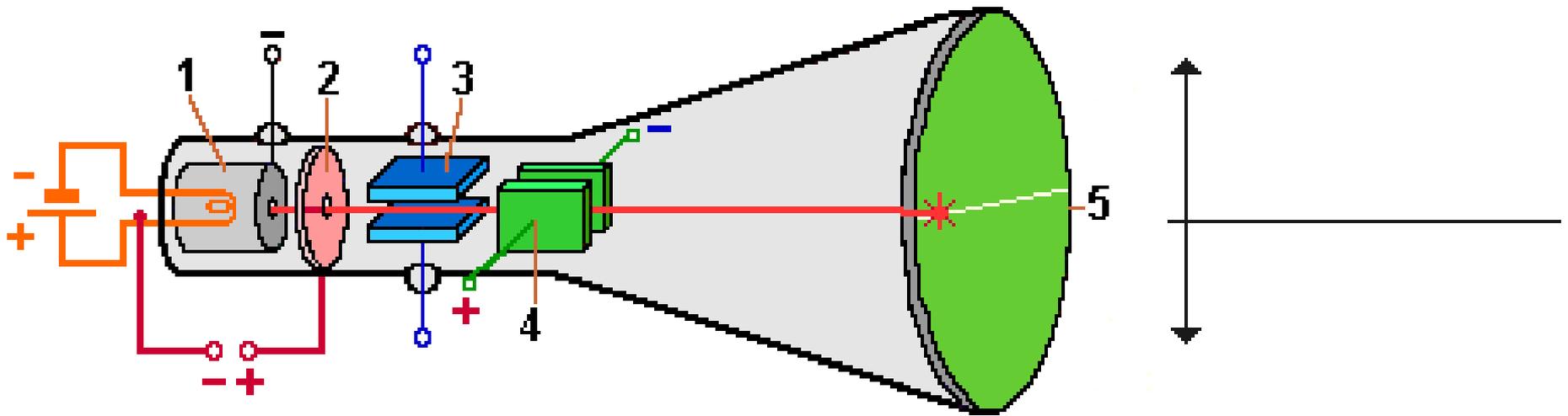
Strahlableitung

- Während der Ablenkung ist der Stromverlauf annähernd sägezahnförmig, das heißt, dass die Frequenzen sehr kurz und damit die Amplituden spitz zulaufen:

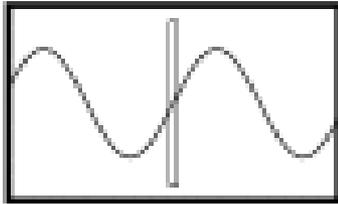


Die Kathodenstrahlröhre

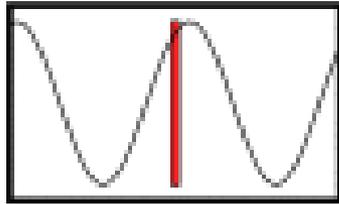
- Während der aktiven Zeilendauer wird der Elektronenstrahl durch die innenliegenden Sattelspulen von links nach rechts über den Leuchtschirm geführt (Horizontalablenkung).
- Dabei steht ihr Magnetfeld senkrecht zur Ablenkrichtung. Die Vertikalablenkung erfolgt nach demselben Prinzip durch das Magnetfeld, welches durch die Toroid- oder Ringspulen erzeugt wird. Sie liegen unterhalb der Sattelspulen und sind um den Ferritkern gewickelt.
- In der sogenannten Austastlücke springt der Strahl – für das menschliche Auge unsichtbar – an seinen Ausgangspunkt zurück.



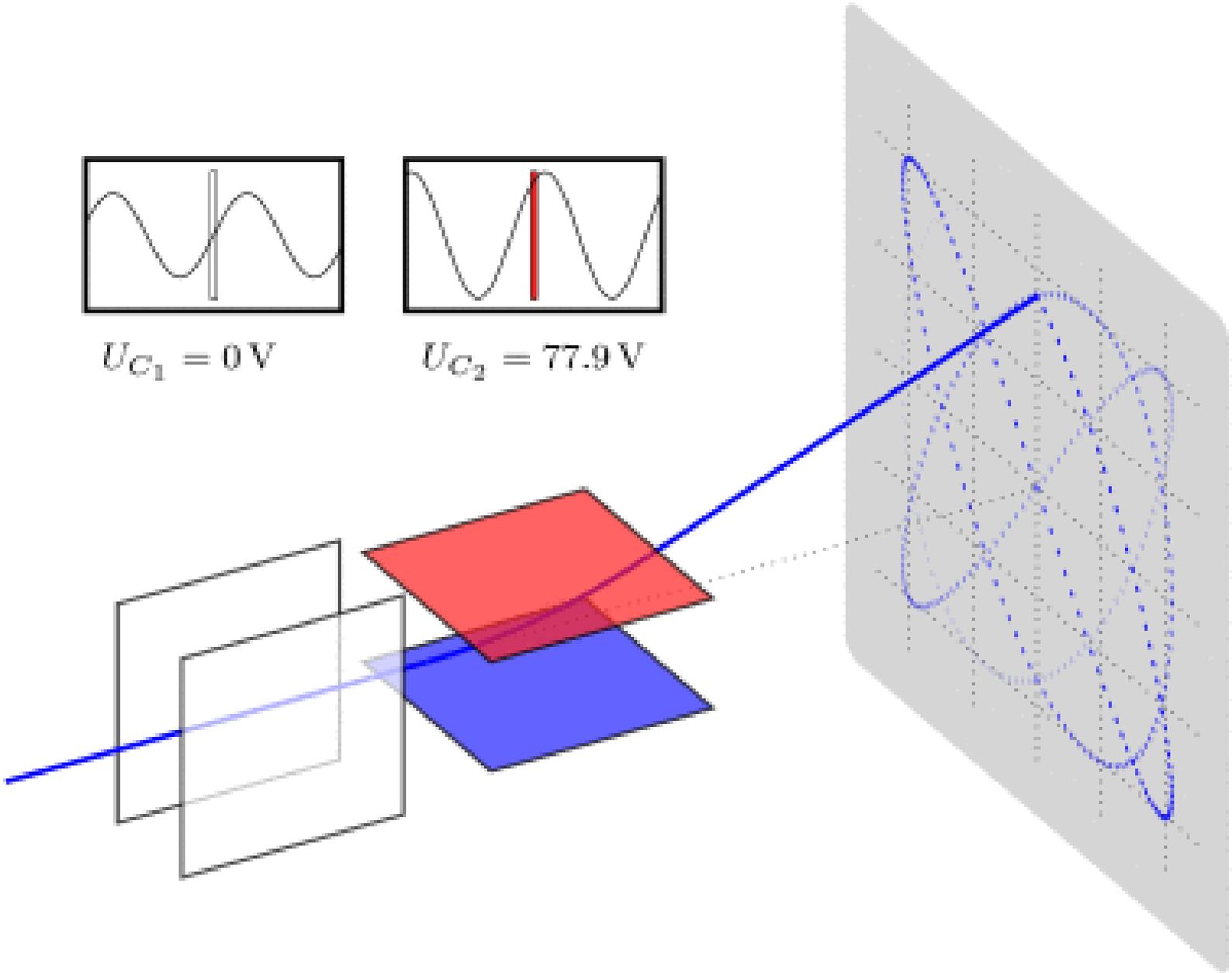
Grüninger, 2002



$$U_{C_1} = 0 \text{ V}$$



$$U_{C_2} = 77.9 \text{ V}$$



Farbbildwiedergabe

- Der deutsche Fernsehponier Werner Flechsig ließ sich im Juli 1938 seine Erfindung mit dem Titel „Kathodenstrahlröhre zur Erzeugung mehrfarbiger Bilder auf einem Leuchtschirm“ vom Deutschen Reichspatentamt patentieren.
- Allerdings geriet die technische Umsetzung durch den 2. Weltkrieg ins Stocken und musste letztlich ganz eingestellt werden.
- Die Radio Corporation of America begann im Jahre 1949 mit der kommerziellen Realisierung dieses Patentes, das als erstes seiner Art die **additive Farbmischung mit drei Grundfarben** zur Erzeugung aller Farben beinhaltete.

Loch- und Schlitzmaskenröhre

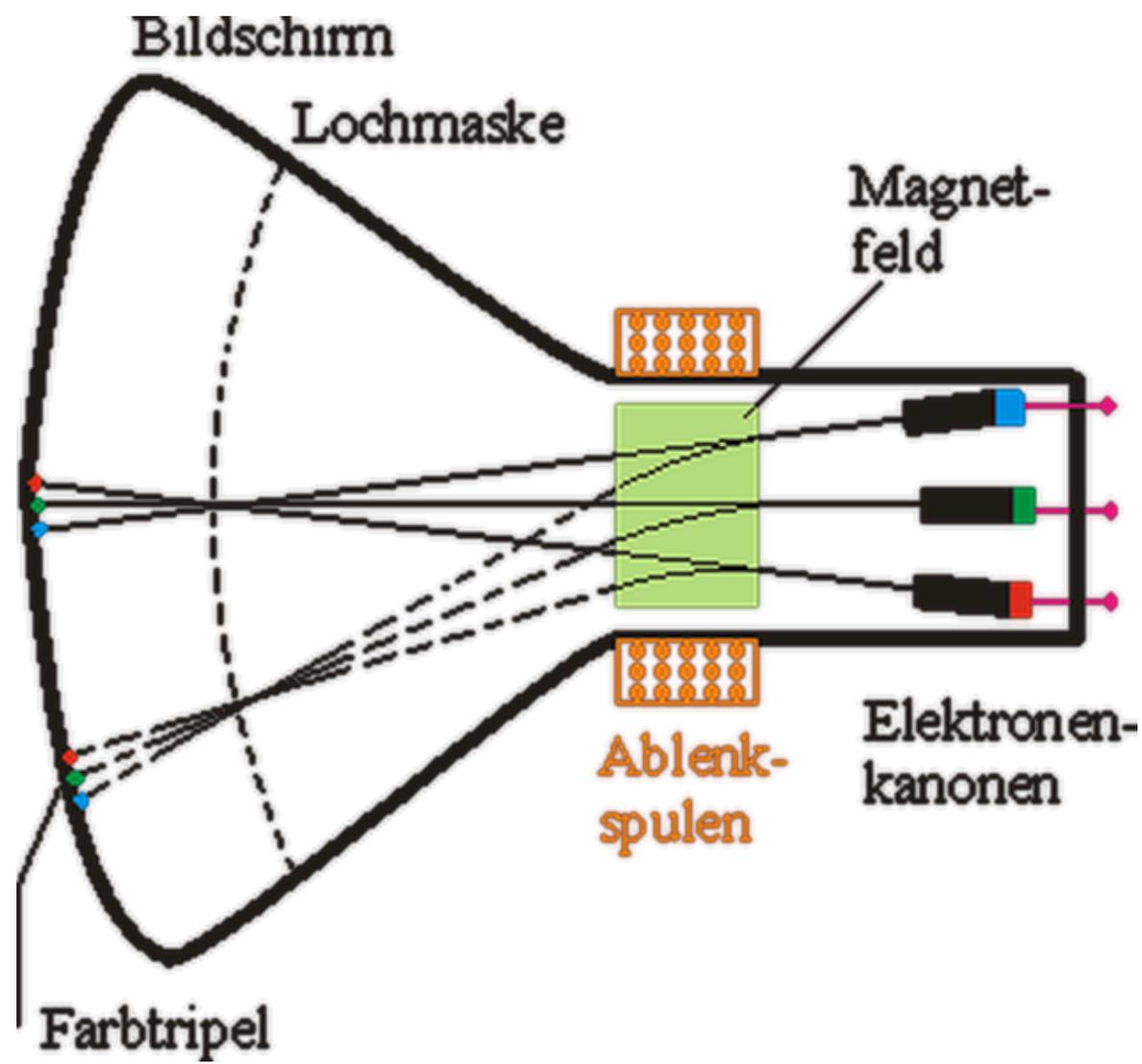
- Für die drei Grundfarben (Rot, Grün, Blau) werden in Farbbildröhren **jeweils Leuchtstoffe (Farbstoffphosphore)** verwendet, die in diesen drei Farben leuchten.
- In kleinen Strukturen werden diese sehr eng beieinander angeordnet, wobei **jeder Bildpunkt aus drei Pixeln (Farbtripel) besteht**, die das Licht der jeweiligen Farbe durchlassen.
- Durch die **additive Farbmischung** wird die Farbe der einzelnen Bildpunkte erreicht. Für die „Erregung“ der Farbstoffphosphore von drei Grundfarben werden nunmehr auch **drei Elektronenstrahlquellen** benötigt.

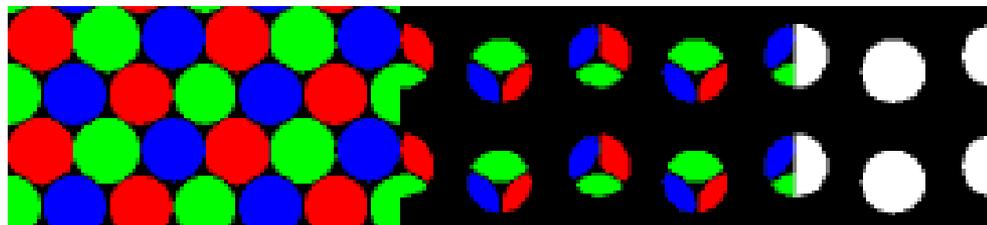
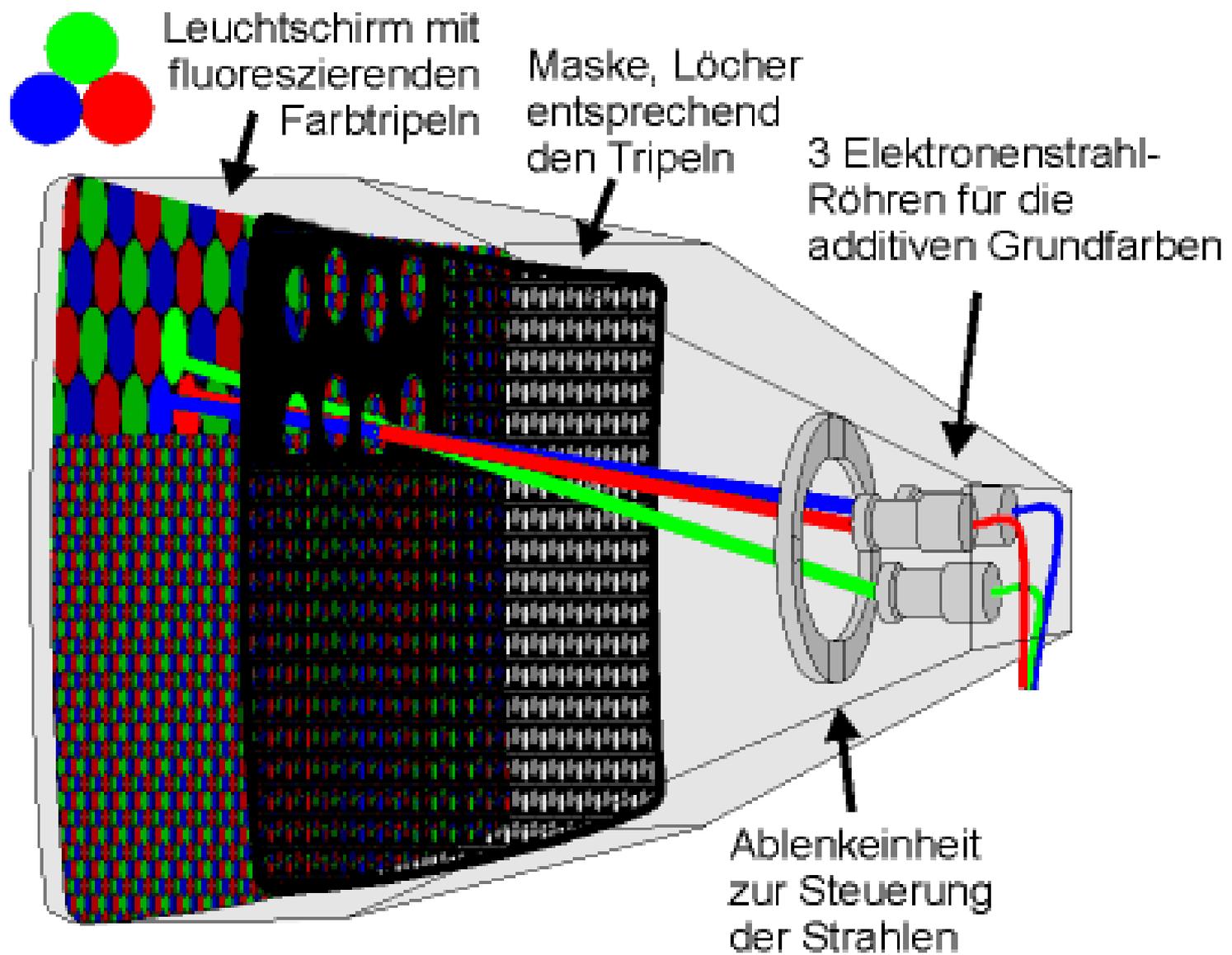
Loch- und Schlitzmaskenröhre

- Diese Elektronenkanonen sind im Hals der Bildröhre entweder nebeneinander oder im Dreieck angeordnet (**Dreistrahlröhre**).
- Das Prinzip der Ablenkspulen findet auch hier seine Anwendung. Mit dessen Hilfe ist es möglich, dass die (drei) Elektronenstrahlen in 1/25 Sekunden (PAL, SECAM) oder 1/30 Sekunden (NTSC) den gesamten Bildschirm Zeile für Zeile abtasten können.
- Die Herausforderung besteht nun darin, dass jeder der drei Elektronenstrahlen auch „seine“ Farbe findet. Dazu dienen sogenannte **Schattenmasken**, die sich in einem fest definierten Abstand zirka 15 Millimeter vor dem Leuchtschirm befinden.
- Hier kreuzen sich die drei Strahlen in jeder Position auf der Ebene der Maske und lassen jeweils nur die „richtigen“ Elektronen durch.

Loch- und Schlitzmaskenröhre

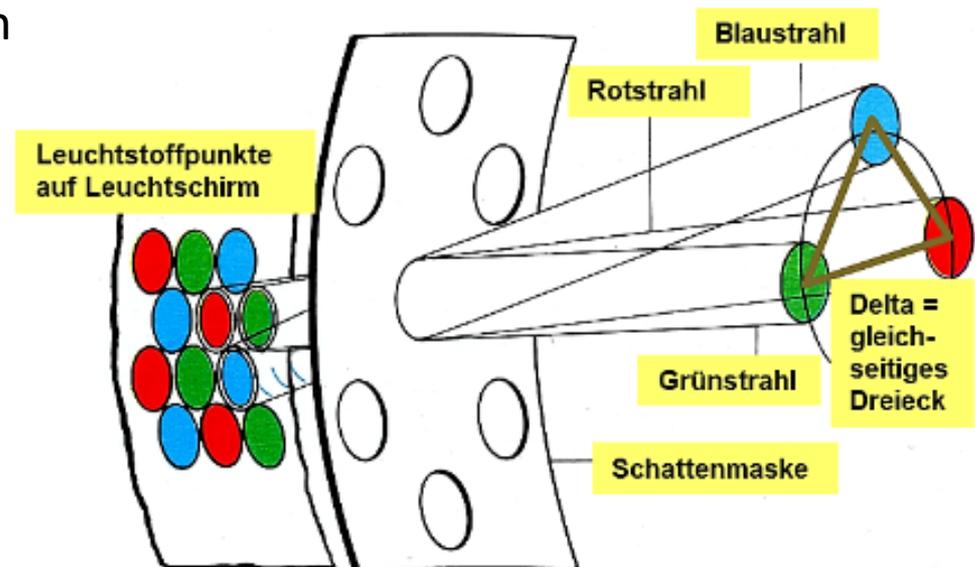
- Diese Maske besteht aus einem dünnen Blech, das ein regelmäßiges Muster punkt- oder schlitzförmiger Löcher (Loch- oder Schlitzmaske) aufweist oder aus vertikalen Streifen besteht (Trinitron-Bildröhre).
- Das Raster der Schattenmaske ist so konzipiert, dass der Fernseher verschiedene Fernsehnormen anzeigen kann - also unabhängig von der Zeilenzahl und der horizontalen Auflösung.





Delta-Farbbildröhre (Lochmaske)

- Bei der Lochmaske handelt es sich um die älteste Farbbildröhre, die ihren Einsatz in der Praxis fand. Vor allem Computermonitore waren mit dieser Art der Farbbildröhre ausgestattet.
- Der Name „Delta“ steht für die Anordnung des Strahlsystems, das einem gleichseitigen Dreieck und damit dem griechischen Buchstaben Δ ähnelt. Entsprechend der Strahlungserzeugungsanordnung sind auch die Farbtripel in einem solchen Dreieck angeordnet



Delta-Farbbildröhre: Ausschnitt aus Lochmaske

Delta-Farbbildröhre (Lochmaske)

- Damit sich die Strahlen auch tatsächlich in dem jeweiligen Loch der Maske treffen, ist der Lochdurchmesser (zirka 0,2 Millimeter) etwas kleiner als der Durchmesser der Farbstrahlen und Leuchtpunkte, der jeweils etwa 0,3 Millimeter beträgt.
- Der Schnittpunkt der drei Strahlen (Rot, Grün, Blau) liegt in dem jeweiligen Loch der Maske, weshalb sie auch Lochmaske genannt wird.
- Bei typischen Farbbildröhren mit einer Bildschirmdiagonale von 60 Zentimetern beträgt die Anzahl der Löcher einer Maske ca. 400.000 und der Abstand zwischen zwei Leuchtpunkten einer Reihe (Pitch) ungefähr 0,7 Millimeter.

Delta-Farbbildröhre (Lochmaske)

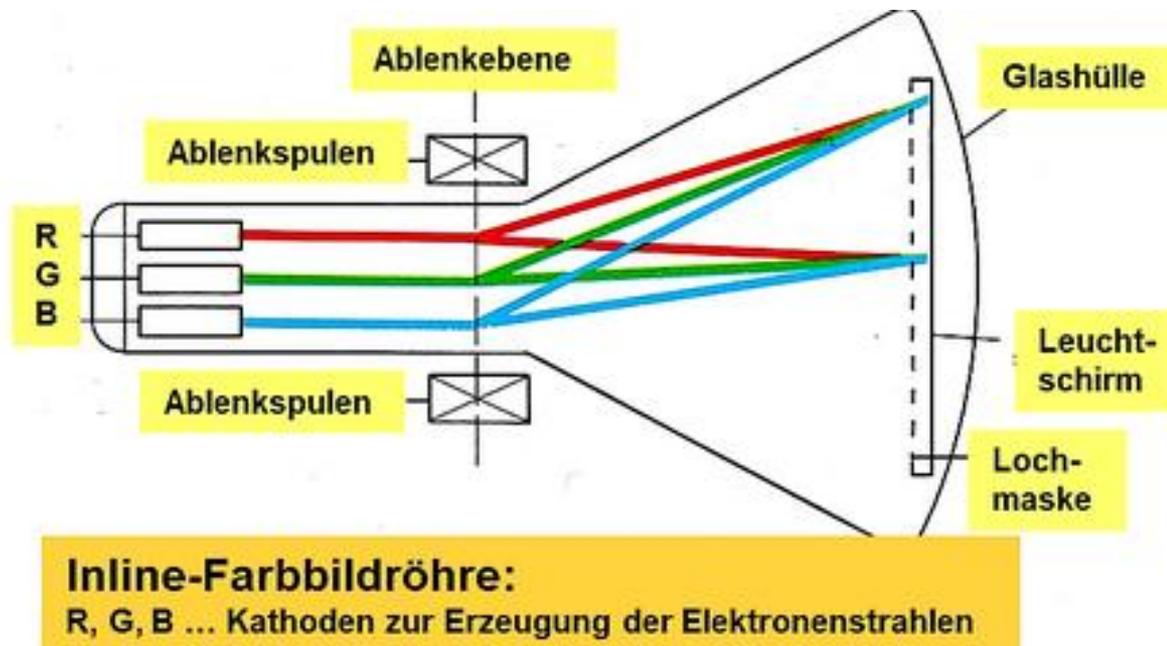
- Aufgrund der sehr dicht liegenden Farbtriple verfügt die Delta-Lochmasken-Farbbildröhre über eine relativ **hohe Bildauflösung**. Allerdings sind umfangreichere Korrekturschaltungen mithilfe von Zusatzspulen nötig, um eine ausreichende Konvergenz (exakte Kreuzung der Strahlen im Maskenloch) zu erzielen.
- Auch die **geringe Maskentransparenz** (ca. 17 Prozent) ist ein Nachteil gegenüber Schlitz- und Streifenmasken, da ein Großteil der Elektronen ungenutzt auf der Maske landet.
- Dennoch überzeugte die Darstellungsqualität, sodass die hochauflösenden Monitore mit einer Delta-Farbbildröhre insbesondere im professionellen Bereich der Computertechnik (z.B. Medizin) Verwendung fanden.
- Im Laufe der Zeit wurden mit immer exakter funktionierenden Ablenkspulensystemen die technischen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Konvergenz nahezu behoben.

Inline-Farbbildröhre (Schlitzmaske)

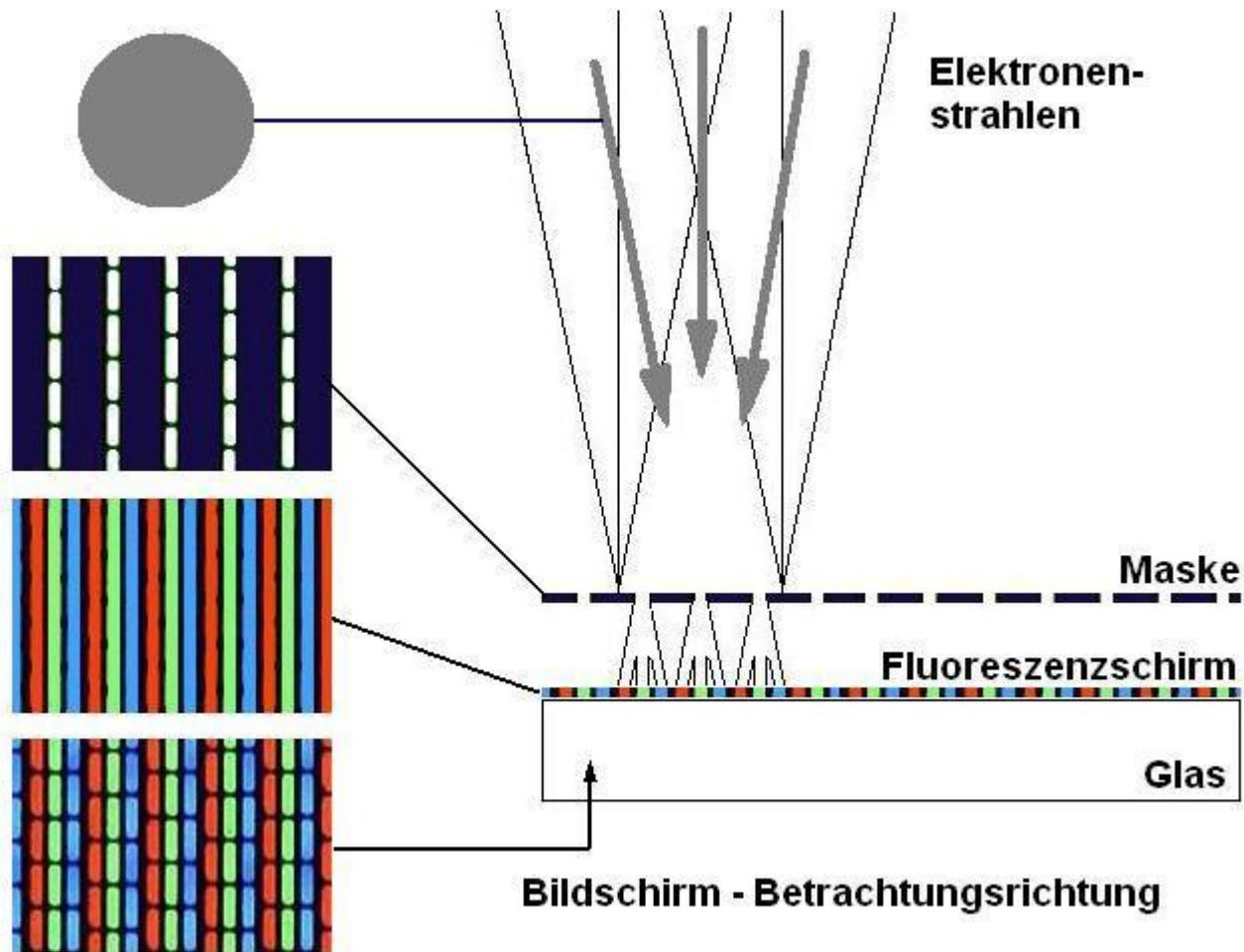
- Mitte der 1970er Jahre wurde ein weiterer Farbbildröhrentyp entwickelt, der das Problem der präzisen Konvergenzeinstellungen vereinfachen sollte. Mit fortschreitender technischer Entwicklung war es möglich, die Strahlerzeugungssysteme zu verkleinern und damit gleichzeitig den Durchmesser des Bildröhrenhalses zu verringern.
- Deshalb konnten die Strahlerzeugungssysteme nicht mehr als Delta angeordnet werden, sondern nunmehr **nebeneinanderliegend in einer In-Line-Anordnung**.
- Aufgrund der größeren Schlitze in der Maske waren weitaus weniger Korrekturmaßnahmen nötig, um eine genaue Strahlkonvergenz zu erreichen. Die Konvergenzfehler reduzierten sich von drei auf zwei Dimensionen. Im Umkehrschluss mussten die Ablenkeinheiten nicht mit demselben hohen Aufwand arbeiten, wie bei den Delta-Farbbildröhren.

Inline-Farbbildröhre (Schlitzmaske)

- Durch die Schlitzmaske vergrößerte sich auch die offene Fläche der Maske, was zur Folge hatte, dass mehr Elektronen zur Leuchtschicht gelangen konnten
- Deshalb lieferten die In-Line-Farbbildröhren auch bei herkömmlichem Strahlstrom ein **helleres Bild als die Delta-Röhren**. Aufgrund des geringeren technischen Aufwandes avancierte dieser Typ zur **Standardbildröhre in Fernsehgeräten**.

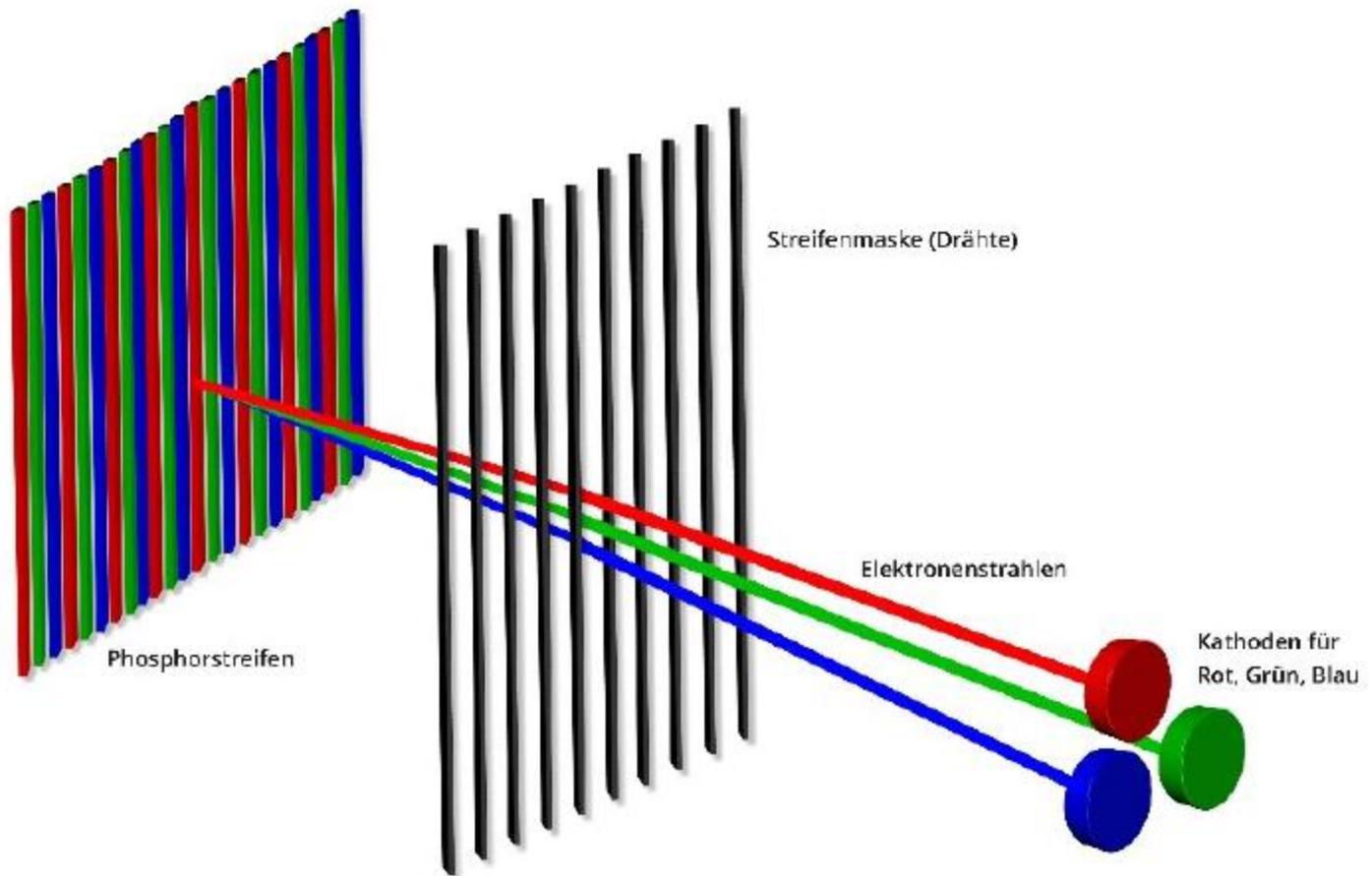


Inline-Farbbildröhre (Schlitzmaske)



Trinitron-Röhre (Streifenmaske)

- Im April 1968 stellte das noch junge japanische Unternehmen Sony (1949 gegründet) eine neue Farbbildröhre vor.
- Diese unterschied sich grundsätzlich von der bis dahin gebräuchlichen Delta-Röhre. Im selben Jahr kamen die ersten Fernsehgeräte mit dieser neuen Technologie auf den Markt, deren Bildschirmdiagonale für damalige Verhältnisse stolze 33 Zentimeter betrug. Seither ist Sony einer der führenden Hersteller in dieser Branche.
- Im Gegensatz zur Loch- oder Schlitzmaske sind hier die **Leuchtstoffe in vertikaler Richtung nicht unterbrochen**. Die Phosphore laufen als durchgehende **Streifen** senkrecht über den Bildschirm. Die Schattenmaske ist vielmehr ein Blendengitter, das ebenfalls aus senkrecht verlaufenden Streifen besteht, weshalb diese auch als Streifenmaske bezeichnet wird.



Trinitron-Röhre (Streifenmaske)

- Um die Maske zu stabilisieren, wurden die Streifen jeweils unter Spannung gesetzt. Darüber hinaus waren sie mit querverlaufenden dünnen Drähten fixiert, um Schwingungen zu vermeiden. Das Strahlsystem war wie bei der In-Line-Röhre in einer Reihe angeordnet. Die Maskentransparenz lag aufgrund der durchgehend verlaufenden Streifen bei ungefähr 22 Prozent und war damit von allen Farbbildröhren auf dem höchsten Niveau.
- Deshalb boten Trinitron-Röhren ein **sehr helles Bild**. Allerdings führten die relativ hohe Durchlässigkeit der Maske und die Anordnung der Leuchtstoffe zu einer **schlechteren Auflösung, einem geringeren Kontrast und mitunter zu Alias- und Treppeneffekten an senkrechten Linien**.
- Darüber hinaus war die **mechanische Empfindlichkeit** der fragilen Maskenkonstruktion mit ihren dünnen Drähten ein Problem, da sie vor allem bei Erschütterungen zu Schwingungen neigte, die zulasten der Bildqualität ging.

Vergleich Lochmaske - Streifenmaske

