

**Zeitschrift:** ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift  
**Herausgeber:** Schweizerische Offiziersgesellschaft  
**Band:** 146 (1980)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Nachtsehen  
**Autor:** Schätzle, Ernst  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-52867>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Nachtsehen

Ernst Schätzle

**Der Feind muss gesehen und erkannt werden, damit er wirkungsvoll mit den modernen und eine immer höhere Ersttreffer-Wahrscheinlichkeit aufweisenden Waffen bekämpft werden kann. Nachts sehen und kämpfen heisst deshalb die Forderung. Die Technik von Wärmebildgeräten, die hier beschrieben wird, spielt daher in Zukunft eine immer grössere Rolle.**

## Kurzer Rückblick

Dass man mit Hilfe von Infrarotstrahlen auch nachts sehen kann, ist schon seit längerer Zeit bekannt. Die grundsätzlichen Erfindungen datieren aus den dreissiger Jahren. Praktisch angewandt wurden die **physikalischen Grundsätze über das Sehen mit Hilfe infraroter Strahlen** aber erst im Laufe des Zweiten Weltkrieges, und auch die ersten militärischen Einsätze von Nachtsichtgeräten erfolgten noch während des Zweiten Weltkrieges durch die Deutschen und die Amerikaner in den Jahren 1944/45 auf dem fernöstlichen Kriegsschauplatz.

Siemens-Albis, ehemals Albiswerk, wurde erstmals im Jahre 1950 auf dem Gebiet der Nachtsichttechnik aktiv, als die Gruppe für Rüstungsdienste (GRD, ehemals KTA) mit dem Wunsch an uns herantrat, Röhren für Nachtsichtgeräte zu entwickeln. Die **serienmässige Fertigung von Nachtsichtgeräten** begann dann im Jahre 1952. Seit dieser Zeit setzen wir uns intensiv mit allen Techniken des Nachtsehens auseinander und sind nicht zuletzt dank enger partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit der GRD auf diesem Gebiet erfolgreich tätig.

## Die verschiedenen Techniken

**Aktive Infrarot-(IR-)Nachtsichtgeräte** benötigen für die Beleuchtung des Gefechtsfeldes einen Infrarotstrahler, der heute mit einfachen Mitteln geortet werden kann. Deshalb sind aktive IR-Nachtsichtgeräte für den kriegsmässigen militärischen Einsatz nicht mehr tolerierbar und werden in

zunehmendem Masse durch passive Nachtsichtgeräte ersetzt.

Die Technik der **passiven Restlichtverstärker** ist seit den sechziger Jahren bekannt und hat heute einen hohen, ausgereiften Stand erreicht. Die Amerikaner waren die ersten, die Restlichtverstärkergeräte in der Armee einzuführen und auch kriegsmässig einzusetzen. Heute sind praktisch alle Nato-Staaten damit ausgerüstet.

Der wesentliche Unterschied zur Technik der aktiven IR-Geräte besteht, nebst der spektralen Empfindlichkeit, im Wegfall der die Szenen beleuchtenden aktiven IR-Strahlungsquelle. **An deren Stelle tritt das die Szene beleuchtende Restlicht der Nacht.** Die Weiterentwicklung in der Restlichtverstärkertechnik konzentriert sich auf die Röhrenkathode. Man versucht Kathoden zu bauen, deren spektrale Empfindlichkeit weiter ins nahe Infrarot hineinreicht. Dadurch könnte auch das Strahlungsangebot des Restlichtes im Bereich zwischen 1,0 und 1,4  $\mu\text{m}$  noch verarbeitet werden.

Die Technik der aktiven Nachtsichtgeräte und der Restlichtverstärker wurde schon öfters beschrieben.<sup>1</sup> Bild 1 und 2 zeigen moderne Restlichtverstärker von Siemens-Albis. Der folgende Beitrag befasst sich deshalb vor allem mit der **Technik von Wärmebildgeräten**, die in Zukunft wohl eine immer grössere Rolle spielen werden.

## Atmosphäre

Eine wesentliche Rolle beim Nachtsehen spielt die **Durchlässigkeit der At-**

**mosphäre**, welche von den elektromagnetischen Wellen als Informationsträger durchlaufen werden muss.

Die Leistung elektromagnetischer Wellen, die ausgehend von einer Strahlungsquelle nach Durchlaufen der Atmosphäre schliesslich am Ort des Empfängers verfügbar ist, hängt von deren Wellenlänge, der Übertragungsdistanz und von der Durchlässigkeit der Atmosphäre ab. Die Durchlässigkeit wird einerseits bestimmt durch die stoffliche Zusammensetzung des Gases – weitgehend eine konstante Grösse – und andererseits durch den stark variablen Anteil an festen und flüssigen Schwebeteilchen, der vorwiegend durch meteorologische Einflüsse gegeben ist. Bei den stets unvermeidlichen Übertragungsverlusten muss physikalisch unterschieden werden zwischen Absorption und Streuung (Beugung, Brechung).

## Absorption

Durchlaufen elektromagnetische Wellen ein materielles Medium, zum Beispiel Wasser oder Gase in der Atmosphäre, tritt eine **Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie** ein. Durch einen Resonanzvorgang zwischen der Strahlung und den schwingenden Atomen und Molekülen des Mediums wird ein Teil der Strahlung absorbiert und in Wärme umgewan-



**Bild 1:** Siemens-Albis-Restlichtverstärker als Ziel- und Beobachtungsgerät für Sturmgewehre.



**Bild 2:** Restlichtverstärker-Kamera (LLL-TV-Kamera) von Siemens-Albis.



delt. Nach dem Kirchhoffschen Gesetz entspricht das Absorptionsvermögen eines Körpers seinem Emissionsvermögen. Das heisst, Gase und Dämpfe in der Atmosphäre können dieselben Wellenlängen emittieren, die sie zu absorbieren in der Lage sind; sie können also unter Umständen als Strahlungsquellen in Erscheinung treten.

### Streuung

Durch den Vorgang der Berechnung an der Grenzfläche zweier durchlässiger Medien von verschiedener optischer Dichte (= Brechungsindex) wird Strahlung aus der ursprünglichen Richtung abgelenkt. Dies geschieht auch durch den **Beugungsvorgang**, ein Interferenzeffekt, der immer dann in Erscheinung tritt, wenn die Wellenlänge der Strahlung von gleicher Grössenordnung ist wie die Teilchengrösse. Die einfallende Strahlung wird in verschiedenen Richtungen zerstreut.

Strahlung, welche von einem zu beobachtenden Ziel ausgeht, setzt sich aus Eigenstrahlung und reflektierter Strahlung zusammen und wird auf dem Weg zum bilderzeugenden Gerät von der Atmosphäre zum Teil absorbiert und gestreut.

### Auswirkung auf Nachtsichtgeräte

Luftmoleküle und Dunst streuen hauptsächlich die sichtbare Strahlung und das kurzwellige Infrarot und erschweren so den Einsatz von Restlichtverstärkern sowie aktiven Infrarotgeräten. Wärmebildgeräte dagegen sind dem Einfluss von Dunst sehr viel weniger unterworfen, dagegen streut Nebel auch die langwellige Infrarotstrahlung und verunmöglicht damit auch das Sehen mit Wärmebildgeräten.

### Technik der Wärmebildgeräte

Die Anfänge in der Entwicklung von Wärmebildgeräten (passive Nachtsichtgeräte) für den Einsatz in Flugzeugen (Forward Looking Infra Red = FLIR) gehen in Amerika auf die früheren sechziger Jahre zurück. Ihre erste grössere **militärische Verwendung** fand die thermische Bildtechnik in der US Air Force Mitte der siebziger Jahre. Die Weiterentwicklung und Verbesserung des technischen Standes der Geräte ist seither auch in England, Frankreich, Deutschland und bei Siemens-Albis, wo man sich seit 1968 mit dieser Technologie beschäftigt, so weit fortgeschritten, dass ihrem praktischen Einsatz nichts mehr im Wege steht und schon heute abzusehen ist, dass den

Wärmebildgeräten eine Zukunft in der Nachtsichttechnik zukommt.

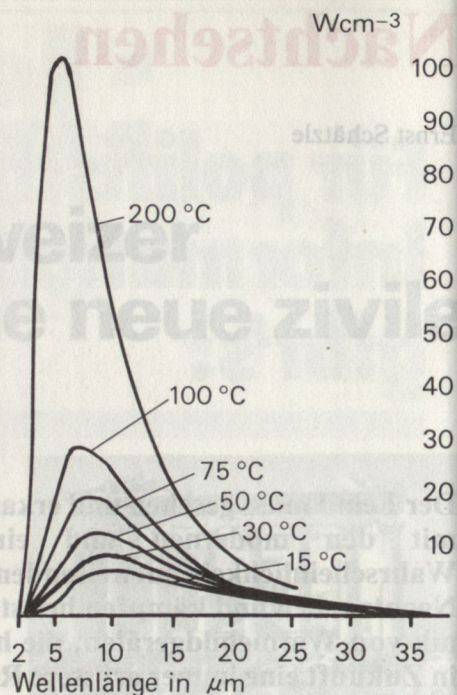
Das grosse Interesse an den Wärmebildgeräten ist auf die folgenden **Merkmale** zurückzuführen:

- Wärmebildgeräte arbeiten, wie Restlichtverstärker, völlig passiv. Ihre Verwendung kann vom Gegner nicht festgestellt werden.
- Der Einsatz ist unabhängig vom jeweils herrschenden Lichtniveau (Restlicht). Mit Hilfe von Wärmebildgeräten lassen sich, im Gegensatz zu Restlichtverstärkern, auch in extrem dunklen Nächten Entdeckungsreichweiten von einigen Kilometern erzielen. Ihre Reichweite hängt primär vom thermischen Kontrast der beobachteten Objekte gegenüber dem Hintergrund ab.
- Keine Blendwirkung durch Mündungsblitze und andere Lichtquellen auf dem Gefechtsfeld.
- Bessere Durchdringung der diesigen Atmosphäre, vor allem durch die Ausnutzung des Spektralbereiches von 8 bis 13  $\mu\text{m}$ . Diese Eigenschaft, die übrigens auch am Tag genutzt werden kann, ist von erheblicher militärischer Bedeutung.
- Künstliche Vernebelung von feindlichen Zielen ist mit den derzeit vorhandenen Mitteln praktisch wirkungslos. Diesbezüglich ist allerdings bald mit neuen wirksameren Stoffen, die zur Zeit in Entwicklung sind, zu rechnen.

Das grösste Problem bei Wärmebildgeräten sind die **Kosten**. Die Preise liegen um ein Mehrfaches höher als diejenigen von Restlichtverstärkern. Deshalb ist für bestimmte Anwendungen der ausgewogenste Kompromiss zwischen Preis und Leistung für Reichweiten bis zu 400 m (Einsatz von kleinkalibrigen Waffen) immer noch der Restlichtverstärker.

### Wärmestrahlung

**Wärmebildgeräte nutzen den thermischen Kontrast aus, den Ziele gegenüber ihrer Umgebung besitzen.** Intensität und spektrale Verteilung der von Körpern emittierten Wärmebestrahlung folgen dabei dem Planckschen Strahlungsgesetz. In Bild 3 ist das spektrale Emissionsvermögen eines schwarzen Körpers mit der Temperatur als Parameter dargestellt. Auf der Ordinate ist die Leistung in Watt aufgetragen, die von einer Körperoberfläche von 1  $\text{cm}^2$  pro Wellenlängeneinheit ausgestrahlt wird. Bei einer Temperatur des absoluten Nullpunktes ( $-273^\circ$  Kelvin) sind alle Schwingungszustände der Körper eingefroren, so dass keine Strahlung ausgesandt wird. Mit steigender Temperatur verschieben sich die Maxima nach kürze-



**Bild 3: Spektrale Intensitätsverteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers.**

ren Wellenlängen. Zur Illustration: Die insgesamt von einem Menschen bei mittlerer körperlicher Betätigung emittierte Wärmeleistung beträgt zirka 100 Watt.

Da die Wärmestrahlung eines Objektes auf dem Weg zum bilderzeugenden Gerät die Atmosphäre durchlaufen muss, ist sie nur dort von Interesse, wo sie ungeschwächt passieren kann. Es gibt **2 Bereiche mit grosser Durchlässigkeit für die Wärmestrahlung**: Der eine von 3 bis 5  $\mu\text{m}$  und der andere von 8 bis 13  $\mu\text{m}$  Wellenlänge. Ausserhalb dieser atmosphärischen Fenster ist die Atmosphäre für die Wärmestrahlung undurchlässig. Damit ist das Frequenzband bzw. der Wellenlängenbereich, in dem die Wärmebildgeräte arbeiten müssen, vorgegeben.

### Spektralbereiche

Gemäss den Planckschen Strahlungskurven liegen die **Maxima der spektralen Emissionsvermögen von Bodenzielen** (Temperaturen zwischen 15 bis 30  $^\circ\text{C}$ ) im 8-bis-13- $\mu\text{m}$ -Fenster. Der Leistungskontrast von benachbarten Temperaturen im Aussentemperaturbereich ist im 8-bis-13- $\mu\text{m}$ -Bereich ebenfalls wesentlich stärker als im 3-bis-5- $\mu\text{m}$ -Fenster.

**Für Luftziele**, zum Beispiel Flugzeugtriebwerke mit Temperaturen von zirka 500  $^\circ\text{C}$ , liegen die Maxima der spektralen Emissionsvermögen im 3-bis-5- $\mu\text{m}$ -Fenster. Das heisst, dass vom Strahlungsangebot her betrachtet die



Geräte, die im 3-bis-5- $\mu\text{m}$ -Band arbeiten, sich in der Regel für den Boden-Luft-Einsatz eignen und solche, die im 8-bis-13- $\mu\text{m}$ -Band arbeiten, für den Boden-Boden- und Luft-Boden-Einsatz.

Bei einer genauen Beurteilung, bei welcher Anwendung ein 4- $\mu\text{m}$ - oder ein 10- $\mu\text{m}$ -Gerät vorzuziehen ist, müssen jedoch noch Aspekte wie Logistik, Umweltbedingungen (Klima), Empfindlichkeit der verfügbaren Detektoren und deren Kosten berücksichtigt werden. Gesamthaft betrachtet, werden heute die 10- $\mu\text{m}$ -Geräte eher bevorzugt.

Bild 4 zeigt den **Grundaufbau eines Wärmebildgerätes**, wie es in modernen Waffensystemen eingesetzt wird.

### Objektiv

Da Glas für langwellige IR-Strahlung undurchlässig ist, müssen bei Wärmebildgeräten **Silizium- oder Germaniumlinsen**, zum Teil mit Mehrschichtvergütung, verwendet werden. In den meisten Fällen werden **Objektive mit Vergrößerungsumschaltung** eingesetzt. Um eine gute thermische Auflösung zu erreichen, muss ein großes relatives Öffnungsverhältnis gewählt werden. Die optische Auflösung eines Wärmebildgerätes wird durch die Brennweite und die Detektorabmessung bestimmt.

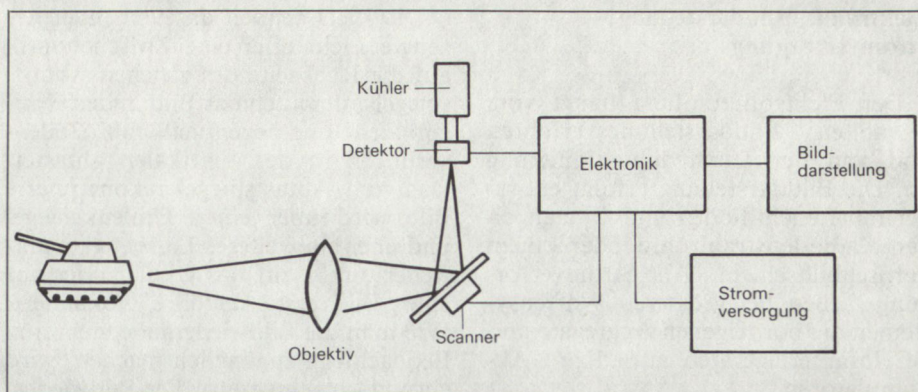
### Scanner

Als Scanner, die das Bildfeld in der Horizontalen und in der Vertikalen abtasten, werden **Ablenkspiegel und/oder rotierende Prismenränder eingesetzt**.

### Detektoren

Röhren können als Detektoren in der Wärmebildtechnik nicht angewandt werden. Die Energie eines Strahlungsquanten im langwelligen Infrarot reicht nicht mehr aus, um aus einer Kathode ein Elektron herauszuschlagen (äußerer Fotoeffekt). Aus diesem Grunde werden **Detektoren mit innerem Fotoeffekt** verwendet.

Beim inneren Fotoeffekt verlassen die Elektronen das Halbleitermaterial nicht. Hier brechen durch eindringende Strahlung Bindungen im Halbleiterkristall auf, so dass sich die Elektronen vom Valenzband des Gitters in das spärlich besetzte Leitfähigkeitsband bewegen können. Die Leitfähigkeit des Materials wird dadurch erhöht und steigt mit zunehmender Bestrahlung



**Bild 4: Grundaufbau eines Wärmebildgerätes.**

stärke. Da dieser Effekt bereits durch thermische Anregung bei Zimmertemperatur eintritt, werden Detektoren, je nach ihrer Zusammensetzung, auf  $-193^\circ\text{C}$  ( $80^\circ\text{K}$ ),  $-196^\circ\text{C}$  ( $77^\circ\text{K}$ ) oder auf  $-274^\circ\text{C}$  ( $26^\circ\text{K}$ ) abgekühlt.

**Die Anzahl der verwendeten Detektoren** bestimmt bis zu einem gewissen Grad die thermische Auflösung des Gerätes. Es wurden schon Hochleistungs-Geräte realisiert, die bis zu 200 und mehr Detektoren verwenden. Um die Kosten in vernünftigen Grenzen zu halten, versucht man aber ohne wesentliche Leistungseinbußen mit weniger Detektoren auszukommen. Die Anordnung einzelner Detektoren, die zum Beispiel Abmessungen von  $75\ \mu\text{m} \times 75\ \mu\text{m}$ ,  $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$  oder  $35\ \mu\text{m} \times 35\ \mu\text{m}$  aufweisen, liegt im Ermessen der Gerätehersteller. Die Bildhomogenität, die thermische Auflösung der Geräte, der Aufwand bei der Elektronik und beim Scanner hängen nicht unwesentlich davon ab. Einige Firmen realisierten Geräte, bei denen die Detektoren in Reihen untereinander angeordnet sind, und lassen den Objektraum nur in einer Richtung, in der Horizontalen, abtasten. Dabei entstehen bei der Bilddarstellung nur so viele IR-Zeilen, wie vertikal angeordnete Detektoren vorhanden sind. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass man mit einem Ablenkspiegel und einer Ablenkvorrichtung auskommt. Will man die Anzahl IR-Zeilen vervielfachen, ohne die Anzahl Detektoren zu erhöhen, so muss der Spiegel zusätzlich in der Vertikalen (Zeilensprünge) ausgelenkt werden. In den meisten Fällen wird dann ein zweiter Ablenkspiegel für die Vertikalbewegung eingesetzt. Um an Bildhomogenität und thermischer Auflösung zu gewinnen, verwenden einige Firmen, so auch Siemens-Albis, bei speziellen Projekten Detektoranordnungen, bei denen zusätzlich einige Detektoren in Serie nebeneinander liegen. Dies bedingt allerdings etwas mehr Aufwand bei der Elektronik.

### Kühler

Man kennt heute **drei verschiedene Kühlverfahren**:

1. Die **thermoelektrische Kühlung** auf dem Peltier-Effekt basierend eignet sich nur für eine Temperatur bis zirka  $-80^\circ\text{C}$  und kann daher nur für die Detektoren im 3-bis-5- $\mu\text{m}$ -Bereich angewandt werden. Vorteile des Kühlverfahrens:

- kleine Leistungsaufnahme;
- kein Nachschub an flüssigen Gasen;
- kleines Gewicht;
- praktisch wartungsfrei.

2. Die **Kühlung mit Hochdruckflaschen** (hochkomprimiertes Stickstoffgas oder Luft) benötigt keine elektrische Energiezufuhr, gewährleistet aber keine kontinuierliche Kühlung. Eine Flasche mit 3 Liter Inhalt kann den Einsatz eines Gerätes für zirka 24 Stunden aufrechterhalten, anschließend muss die Flasche ausgewechselt werden. Der Nachteil liegt hier bei den auftretenden Logistikproblemen. Die Hochdruckgasflaschen sind Nachschubmaterial, und es werden Aufbereitungs- und Abfülleinrichtungen benötigt.

3. **Kühlmaschinen** (thermodynamische Kreislaufprozesse): Die beiden bekanntesten werden nach ihren Erfindern benannt: «Vuilleumier-Kreislaufprozess» und «Stirling-Kreislaufprozess». Diese Kühlsysteme erfordern keinen Nachschub. Da die Leistungsaufnahme zur Zeit noch bei zirka 200 W während des Abkühlens und bei 100 W bei der Betriebstemperatur von  $77^\circ\text{K}$  liegt, eignen sich Kühlmaschinen vorderhand nur für Wärmebildgeräte im stationären Einsatz oder für größere Waffensysteme wie Panzer und Flugzeuge, wo die Stromversorgung mit Generatoren problemlos ist. Die Verwendung in batteriebetriebenen, tragbaren Infanteriegeräten ist erst zu verantworten, wenn die Leistungsaufnahme eine Größenordnung niedriger liegt. Diesbezüglich und in bezug auf die Lebensdauer sind aber rasche Fortschritte zu erwarten.



## Elektronik, Bilddarstellung, Stromversorgung

Der Elektronikumfang hängt vom gewählten Bilddarstellungsverfahren und von der Gerätedimensionierung ab. Die Bilddarstellung erfolgt entweder mit Leuchtdioden und Okular, einer Kathodenstrahlröhre oder einem Fernsehbildschirm. Als Stromversorgung dienen bei grösseren Waffensystemen die bordeigenen Aggregate und bei Infanteriegeräten aufladbare Akkumulatoren.

### Bilddarstellung durch optronisches Multiplexing

Bei optronischem Multiplexing (Bild 5) wird die Szene über das Objektiv und einen Abtastspiegel auf die Detektorreihe abgebildet. Jeder Detektorausgang ist via Vor- und Hauptverstärker direkt mit einem Leuchtdiodenschaltkreis verbunden. Die Leuchtdioden sind geometrisch gleich wie die Detektoren in einer vertikalen Reihe angeordnet.

Die LED senden das von ihnen erzeugte Licht über eine Zwischenoptik auf die Rückseite des gleichen Abtastspiegels, der auch das Bild in der Horizontalen und eventuell mit Zeilensprüngen in der Vertikalen abtastet. Das vom Abtastspiegel rekonstruierte Bild wird über einen Umlenkspiegel und über ein weiteres Linsenpaket entweder direkt auf das Okular oder auf eine Bildverstärkerröhre fokussiert. Will man die Bildwiedergabe mehreren Beobachtern zugänglich machen, wird ein Vidikon eingesetzt. Die Bildwiedergabe kann dann in TV-Norm auf verschiedenen Monitoren erfolgen.

### Bilddarstellung durch elektronisches Multiplexing

Dem letzten Stand der Technik entspricht das elektronische Multiplexing (Bild 6), welches bei allen unseren Gerätetypen angewandt wird. Die Szene wird über das Objektiv und den Scanner (Ablenkvorrichtung) auf den Detektor abgebildet. Anstatt die Detektorenausgänge mit den Leuchtdioden zu

verbinden, werden beim elektronischen Multiplexing die Detektorsignale in Videokanälen zusammengefasst und nach dem Verstärker elektronisch multiplexiert. Dieser Vorgang wiederholt sich nach jeder Bildabtastung. Die Darstellung des Videosignales kann direkt auf einer Kathodenstrahlröhre stattfinden oder nach einer Normumwandlung in die Standard-TV-Norm auf einem Fernsehmonitor. Die Signalverarbeitung in die Fernsehnorm bietet den Vorteil, dass man ohne grossen elektronischen Aufwand mit konventionellen Mitteln andere Daten (Zieldistanzen, Zielmarken usw.) ins Bild einblenden kann. Auch die Möglichkeit des Aufschaltens eines TV-Trackers ist gegeben, und das Wärmebild kann mit einem Restlichtverstärker-TV-Bild gemischt werden.

### Vergleich der beiden Bilddarstellungsverfahren

- Muss bei Geräten mit optronischem Multiplexing das Bild mehreren Beobachtern zugänglich gemacht werden (zum Beispiel im Panzer für den Schützen und den Kommandanten), so wird das Gerät durch die Verwendung von Bildverstärkerröhren oder Vidikons sehr aufwendig. Eine Bildverstärkerröhre ist notwendig, um die optischen Verluste im Übertragungssystem wieder wettzumachen. Strichplattenbilder müssen optisch eingeblendet werden, was eine aufwendige und mechanisch genaue Justierung verlangt.

- Beim elektronischen Multiplexing ist der optische Übertragungsweg auf ein Minimum reduziert. Der optische Pfad für den Bildaufbau, der über die Rückseite des Abtastspiegels führt, fällt weg. Das erlaubt eine grössere Packungsdichte im Sensitiveil und erhöht die Flexibilität beim Einbau in Waffensysteme. Auch die Instandhaltung wird durch den Wegfall der optischen Übertragungsteile wesentlich einfacher; die gesamte Bildbau-Elektronik ist in Funktionsbaugruppen auf Steckkarten untergebracht. Das Strichplattenbild kann elektronisch erzeugt und eingeblendet werden. Zusätzlich bietet sich die Möglichkeit des Signal-Processing. Die Gefahr des Ausfalls einer ganzen IR-Zeile, verursacht durch eine defekte Leuchtdiode, besteht beim elektronischen Multiplexing nicht.

Hochleistungswärmebildgeräte erreichen eine optische Auflösung von zirka 0,2 mrad und eine thermische Auflösung von zirka 0,1 °C.

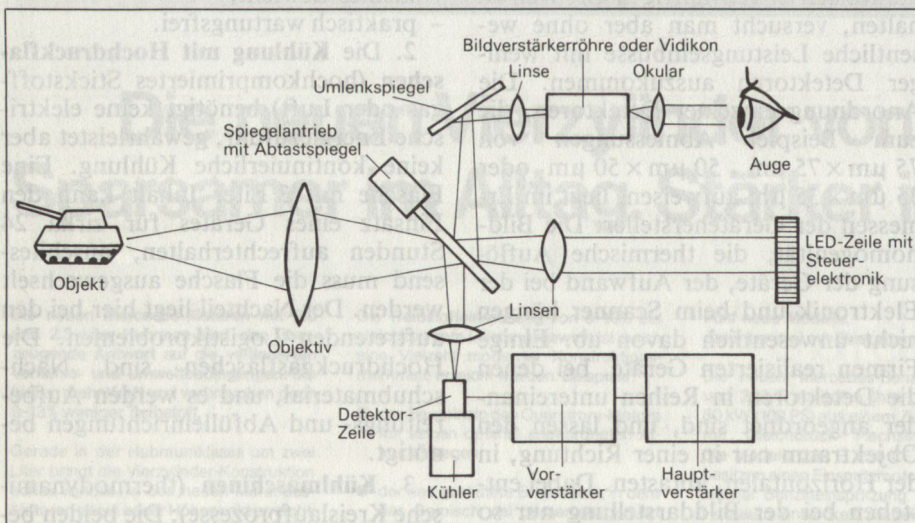


Bild 5: Prinzipielle Funktionsweise eines Wärmebildgerätes mit optronischem Multiplexing.

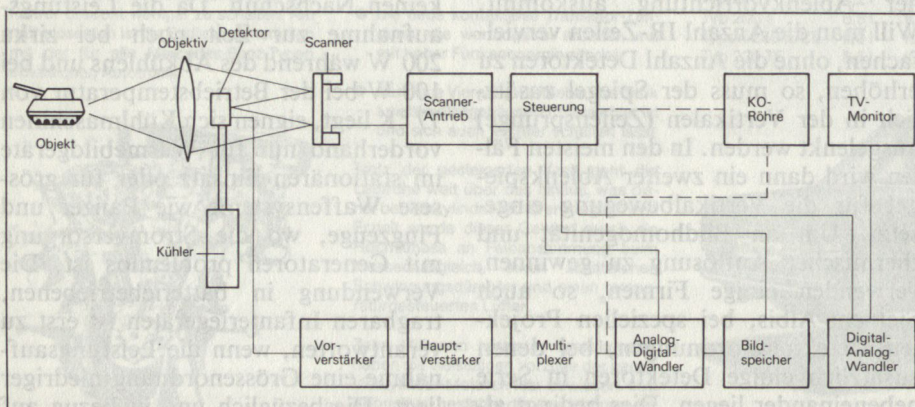
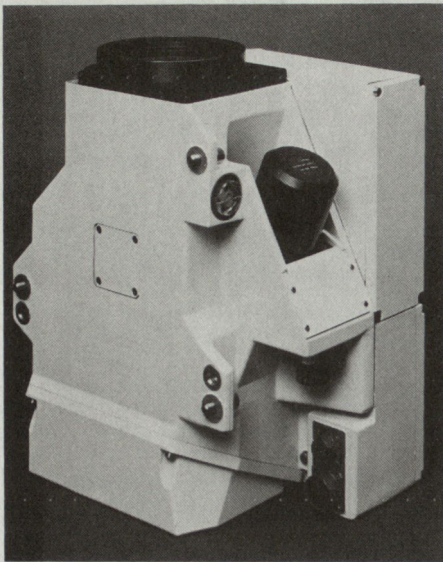


Bild 6: Prinzipielle Funktionsweise eines Wärmebildgerätes mit elektronischem Multiplexing.





**Bild 7:** Sensorteil des Wärmebildgerätes Typ «Siflir» von Siemens-Albis für den Einbau in Kampfpanzer.

## Gegenwärtiger Entwicklungsstand und Ausblick

Bei Siemens-Albis sind zur Zeit **drei Wärmebildgeräte mit elektronischem Multiplexing in Entwicklung:** Ein thermoelektrisch gekühltes Gerät, welches im 3-bis-5- $\mu\text{m}$ -Band arbeitet, mit KO-Bilddarstellung sowie zwei tiefgekühlte Geräte, die im 8-bis-12- $\mu\text{m}$ -Band arbeiten. Ein Gerät mit KO-Bilddarstellung für den Boden-Boden-Einsatz sowie ein Hochleistungsgerät für Boden-Boden- und Boden-Luft-Einsätze in grösseren Waffensystemen. Dieses Gerät verfügt über TV-Monitor-Bilddarstellung. Bild 7 zeigt den Sensorteil eines Wärmebildgerätes von Siemens-Albis für den Einbau in Kampfpanzer.

**Die Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Wärmebildtechnik** wird sich im wesentlichen auf die Empfindlichkeitssteigerung von Detektoren und auf die Herstellung von Flächendetektoren konzentrieren. Darunter ist eine Mosaikanordnung von Detektoren zu verstehen, wobei jedes Detektorelement einen Bildpunkt der Szene darstellt. Die einzelnen Detektorelemente werden im geeigneten Takt (zum Beispiel in der TV-Norm) elektronisch abgefragt und die Signale auf einer Bildröhre dargestellt. Diese Technik, bei der auf die mechanische Bildabtastung (Schwingspiegel, rotierende Prismen) verzichtet werden kann, wird bis zur Produktionsreife die Ingenieure noch einige Jahre beschäftigen. ■

<sup>1</sup>Ernst Schätzle «Nachtsichtgeräte». ASMZ Nr. 4, 1978.

## Bücher und Autoren:

### Liberalismus, nach wie vor

Von Linder/Helbling/Bütler (Hrsg.). Buchverlag der Neuen Zürcher Zeitung, Zürich 1979. Fr. 48.-.

Diese Festschrift zum zweihundertjährigen Bestehen der Neuen Zürcher Zeitung gibt einen ausgezeichneten Einblick in Wesen und Wirkung des liberalen Gedankenguts. Souverän präsentiert der Chefredaktor, Fred Luchsinger, die 17 meist deutschsprachigen, sehr wertvollen Arbeiten über die Polarität Freiheit-Bindung, über Politik, Kultur, Wissenschaft und Wirtschaft; auch Französisch, Italienisch und Englisch sind vertreten. Wir hören Universitätslehrer wie den Brigadier Kurt Eichenberger oder Prof. D. Bell von Harvard, Journalisten wie Prof. Willy Linder, Magistraten wie Staatssekretär Jolles, Luxemburgs Vizeministerpräsidenten Thorn oder alt Ständerat Louis Guisan. Dem Inhalt entspricht die sehr schöne Form des Buches. W

### Im Zweiten Weltkrieg

Von James Jones. 253 Seiten, 4 Kartenskizzen, 14 Farbtafeln, 32 Schwarz-Weiss-Illustrationen, 5 Seiten Kurzbiografien der vertretenen Künstler. Heyne Taschenbuch, München 1980.

J. Jones (1921) wurde 1951 bekannt durch seinen Bestseller «From Here to Eternity» («Verdammt in alle Ewigkeit»). Er war im Krieg eine Zeitlang Unteroffizier gewesen.

Im vorliegenden Werk sollte er Kunstwerke von Soldaten der USA im Zweiten Weltkrieg kommentieren, versucht es auch gelegentlich. Im übrigen schildert er in merkwürdigem Gemisch mit mehr oder weniger tiefen Meditationen eigene und anderer Kriegserlebnisse und den Verlauf der Operationen der amerikanischen Streitkräfte im Osten und in Europa. Er vergisst

nicht, die «Oberschicht» (S. 67), zum Beispiel «Eisenhower, Marshall und Genossen» (S. 63) in Gegensatz zu denen, die wirklich kämpften, zu setzen. Immerhin, wer nicht vor Ärger über Geschmacklosigkeit und Geschwätz frühzeitig zu lesen aufhört, stösst auf manche interessante Stelle, die allerdings nie belegt wird. W

### 1945 Panzer an der Weichsel

Von Hans Schäffler. 206 Seiten, reich illustriert. Motorbuch Verlag, Stuttgart 1980. DM 29.-.

Das Buch schildert den erbarmungslosen Endkampf in Westpreussen (Raum Danzig) vom Januar 1945 bis zur Kapitulation. Die Agonie einer sich verzweifelt wehrenden, aufgesplitterten Wehrmacht im Ringen um die dramatische Rettung von 2 Millionen Flüchtlingen vor der heranrollenden östlichen Übermacht. Es berichtet vom pausenlosen Bemühen der deutschen Handels- und Kriegsmarine im Feuerhagel von Artillerie und Luftwaffe, ausgesetzt der eisigen Kälte des nordischen Winters, einen letzten Fluchtweg in den Westen offen zu halten. Der mit vielen Fotos und Skizzen angereicherte Erlebnisbericht bringt dem Leser jene Soldaten näher, die, die bittere Niederlage vor den Augen und fern von Ruhm und Ehre, ihre Pflicht bis zur Neige erfüllten. Es ist ein Bericht einer endlosen Kette von Leiden und Grauen. Gleichzeitig aber auch eine eindruckliche Schilderung, wie eine entschlossene und kampferprobte Truppe mit unzulänglichen Mitteln, aber beseelt von Unerschrockenheit und Einsatzwillen, in hoffnungsloser Lage entscheidende Zeit zu gewinnen vermag. Eben jene Zeit, dank deren die 2 Millionen Entwurzelten gerettet werden konnten. Das Schwergewicht des Werkes liegt beim Verzögerungskampf der Panzertruppe, deren eindruckliche Leistung sowohl im Verband wie auseinandergerissen dramatisch vorgestellt wird.

W. Zimmermann

### Weltbewegende Macht Islam

Von Herbert Gottschalk. 279 Seiten, 6 Skizzen, Literaturverzeichnis, Register. Scherz Verlag, 1980. Fr. 19.80.

Gutes Buch eines deutschen Autors durch Schweizer verlegt. Etwa ein Viertel ist Mohammed und dem Koran, ein Viertel der Ausbreitung des Islams bis 1938, die zweite Hälfte dem Beitrag des Islams zur Weltkultur gewidmet. Das Werk hilft ausgezeichnet, Wesen und Virulenz dieser Weltreligion zu verstehen. Ich hätte ihm mehr Blick über den Raum Persien-Mittelmeer hinaus gewünscht: Man liest nichts über die Muslims auf den Philippinen, nur Nebensächliches über Indien, wenig über Schwarzafrika. Auf die neueste Entwicklung nimmt nur das Vorwort kurz Bezug. W

### Die USA und das strategische Gleichgewicht

Autorenteam. 134 Seiten, 9 Tabellen, Anmerkungen. Band 6 der Reihe «Bernard & Graefe aktuell». Verlag Bernard & Graefe, München 1980. DM 12,80.

Das Büchlein gehört zu einer neuen Schriftenreihe des sehr aktiven westdeutschen Arbeitskreises für Wehrforschung. Es enthält sieben Arbeiten, deren Autoren Mitarbeiter des Strategic Studies Institute US Army War College sind. Es geht fast ausschliesslich um Probleme nuklearer Kriegführung beziehungsweise -verhütung, deren ganze Fragwürdigkeit ungewollt offenbar wird. Die Aufsätze zeugen von gründlicher Kenntnis der nuklearen Streitkräfte und der Doktrin ihres Einsatzes. Die Übersetzung aus dem Englischen liest sich zeitweise mühsam. Im Anhang sind die biographischen Angaben über die Verfasser willkommen. Doch wäre eine erklärende Tabelle der Abkürzungen notwendiger (wissen alle Leser, was ARON's oder SLBM's sind?). W