

Kosmospeicher und Metall-Dünnschicht-Magnetband der Arbeitsgruppe Magnetische Signalspeicher (AMS)

Die Arbeitsgruppe AMS entwickelte u. a. die Magnetband-Speicher für alle Forschungssatelliten Russlands.
Wesentliche Voraussetzungen dafür waren

- Das durch sie geschaffene Metaldünnschicht-Magnetband.
- Das Beherrschen der schwierigen Sendust-Technologie für die Magnetköpfe.
- Viele wissenschaftlich international anerkannte Ergebnisse.
- Der lange und stabile Bestand der Gruppe.

Gegründet wurde die AMS Anfang 1959 durch das Engagement von Dr. Greiner (Magnetisches Institut der Akademie der Wissenschaften in Jena).

Sie wurde kurz darauf mit 6 Mitarbeitern nach Berlin verlagert.

Auf Empfehlung von Prof. Frühauf wurde ich (Physikalisches Institut, Greifswald) 1959 der erster Mitarbeiter in Berlin.

Prof. Frühauf (TU Dresden) und Prof. Lange (Uni Rostock) hatten meine Dissertation zur Theorie der frequenzmodulierten magnetischen Bandspeicherung sehr positiv begutachtet.

Fortbestand der AMS

Die Mitarbeiter aus Jena mussten schrittweise nach Berlin umziehen. Ich hatte das in Berlin zu organisieren. Kurz vor dem 3.8.1961 übersiedelten dabei Dr. Greiner und einige Mitarbeiter aus Jena in die BRD.

So wurde ich zunächst mit der kommissarischen Leitung beauftragt.

Von da an bestand die AMS 30 Jahre mit jeweils 30 bis 50 Mitarbeitern mehr oder weniger selbstständig und stabil.

Sie wurde jedoch etwa 10-mal unterschiedlichen größeren Einrichtungen zugeordnet.

Einen umfangreichen Bericht über die ersten 10 Jahre der AMS stellte seinerzeit Karl Willaschek zusammen [1]

Es entstanden viele wissenschaftlich herausragende Einzelleistungen und

es wurden mehrere internationale Tagungen zur Speichertechnik organisiert.

Selbst der Forschungsdirektor der großen Firma Maxon (BRD), Dr. Otto Stemme beruft sich in seinem Buch [2] auf seine Herkunft aus der AMS.

Bis zur Wende blieb ich immer der aktive wissenschaftliche „Vater“ der AMS.

Sowohl als Direktor des Instituts für Optik und Spektroskopie, IOS (1967 - 1969) und

als Gründungsdirektor des Zentralinstitutes für Kybernetik und Informationsprozesse; ZKI (1969 - 1977).

Nach der Wende wurde die Gruppe aufgelöst.

Ihr wurden ihr wissenschaftlich und technisch internationale Höchstleistungen bestätigt, aber in der BRD bestand (angeblich) kein Interesse für sie.

Das Metaldünnschicht-Magnetband

In der DDR gab es immer Probleme mit der ausreichenden Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Magnetband. Das betraf besonders den Rundfunk. Mit diesen Problemen musste sich mehrfach Prof. W. Reichardt (TU Dresden) als

Leiter des Arbeitskreises Elektroakustik (Kammer der Technik, KdT) auseinander setzen.

Von der AMS gab es umfangreiche Direkteinsätze aller Mitarbeiter in Wolfen

Sie wiesen zwar Schwachstellen in Wolfen aus, konnten aber keine wesentlichen Änderungen bewirken.

Deshalb organisierte Prof. Reichardt 1963 ein Dreier-Gespräch im Forschungsinstitut Ardenne:

Prof. von Ardenne, Prof. Reichardt und ich.

Hier entstand die Idee eines aufgedampften Metaldünnschichtbandes.

Es sollte die „unsauberen“ chemischen Prozesse durch exakte physikalische ersetzen.

Prof. v. Ardenne bot hierzu intensiven Einsatz seiner Vakuumtechnik an.

Er stellte seinen Mitarbeiter Dr. Effenberger als Partner für die Zusammenarbeit vollständig zur Verfügung.

So entstand eine jahreslange sehr intensive und sehr erfolgreiche Zusammenarbeit.

In die Koordinierung aller Arbeiten zog ich meinen Mitarbeiter Dr. Siakkou (alias Müller) ein.

Die notwendigen umfangreichen Messungen der hergestellten Bandproben realisierte vor allem Dr. Münster, z. T. auch in Zusammenarbeit mit Magnetinstitut der AdW in Jena.

Die Signalmessungen des Bandes leistete hauptsächlich Pöbel.

Bereits 1966 konnten die ersten positiven Ergebnisse auf der internationalen Intermag des IEEE vorgestellt werden [3].

Sie riefen ein umfangreiches internationales Interesse hervor.

Dies könnte – neben vielen Veröffentlichungen – der Grund sein, dass ich zu einem frei wählbaren Vortrag zur Intermag 1967 nach New York eingeladen wurde [4].

Im Anschluss an die Tagung lud mich IBM für 14 Tage nach Kalifornien ein. Hier hielt u. a. zwei weitere Vorträge [4].

Das schwierigste Problem

Werden dünne magnetische Schichten aufgedampft, so besitzen sie eine sehr geringe Koerzitivfeldstärke H_C .

Daher sind sie zur Signal-Speicherung völlig ungeeignet.

Es musste eine Methode zur Steigerung von H_C gefunden werden.

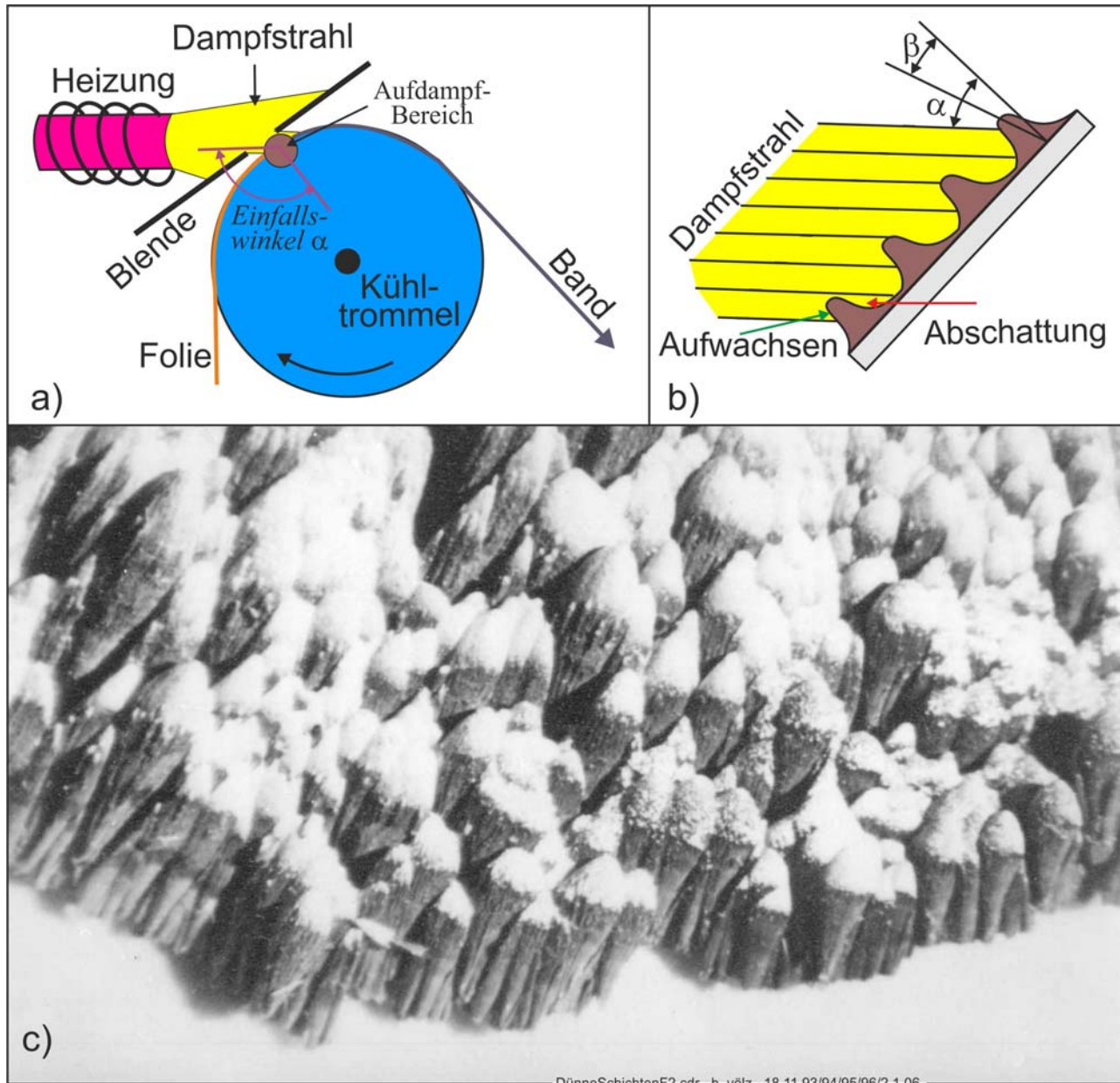
Nach vielen erfolglosen Versuchen erwies sich die Schrägaufdampfung mit dem Einfallswinkel α als geeignet (a).

Dadurch entstehen wachsende und sich abschattende Bereiche (b).

So entstehen lange dünne um β orientierte Säulen mit entsprechend hoher Koerzitivfeldstärke.

Ihre Größe hängt vom Material (Ni, Co, Fe), aber wesentlich stärker vom Winkel α ab.

In der unteren Mikroskopaufnahme (c) sind die oberen weißen Flächen oxidiert.

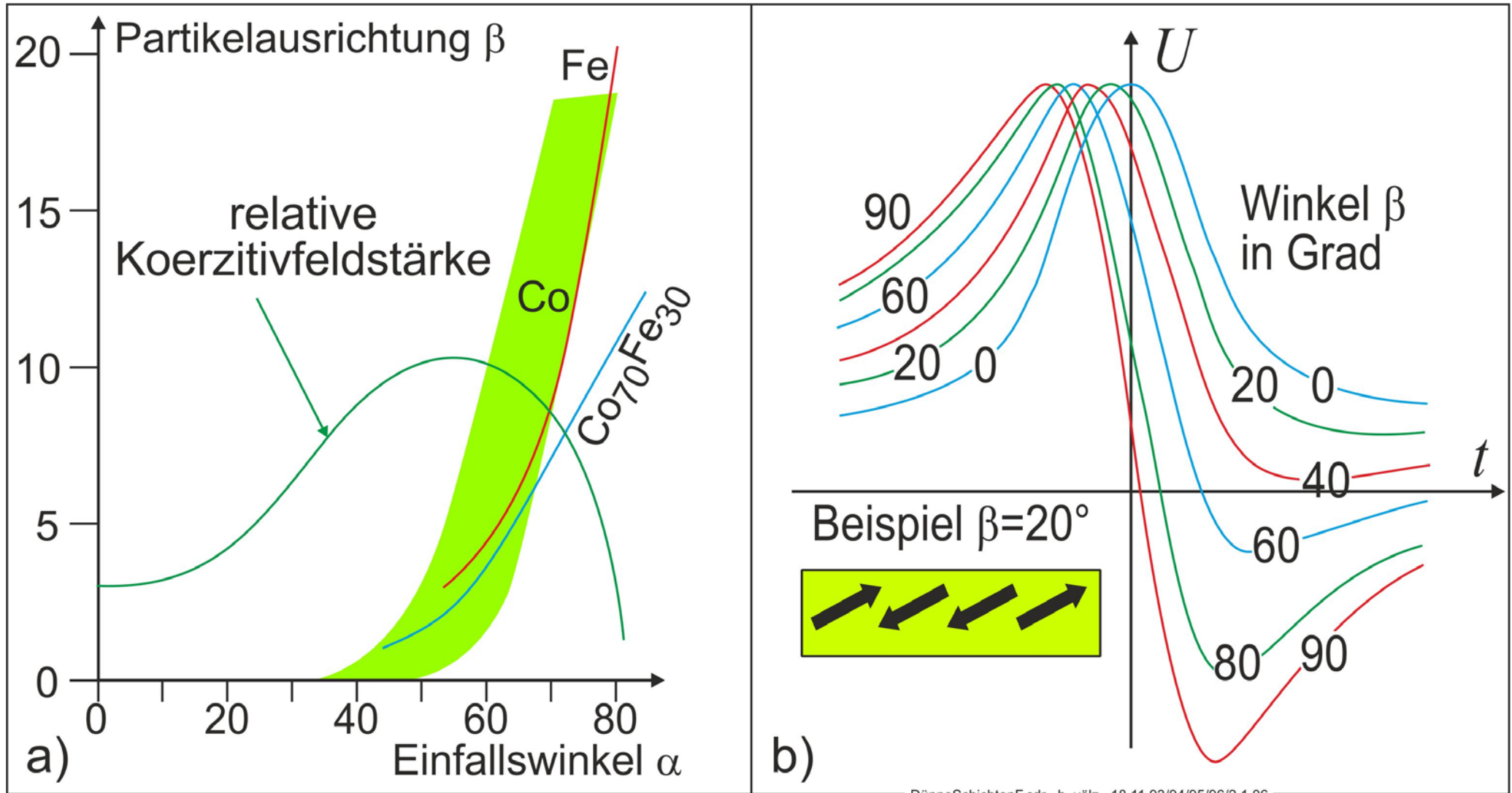


Folgen

Die schräg stehenden Säulen haben einen Nachteil:

Das Wiedergabesignal hängt deutlich von der Aufzeichnungsrichtung (hin - zurück) bei der Speicherung ab.

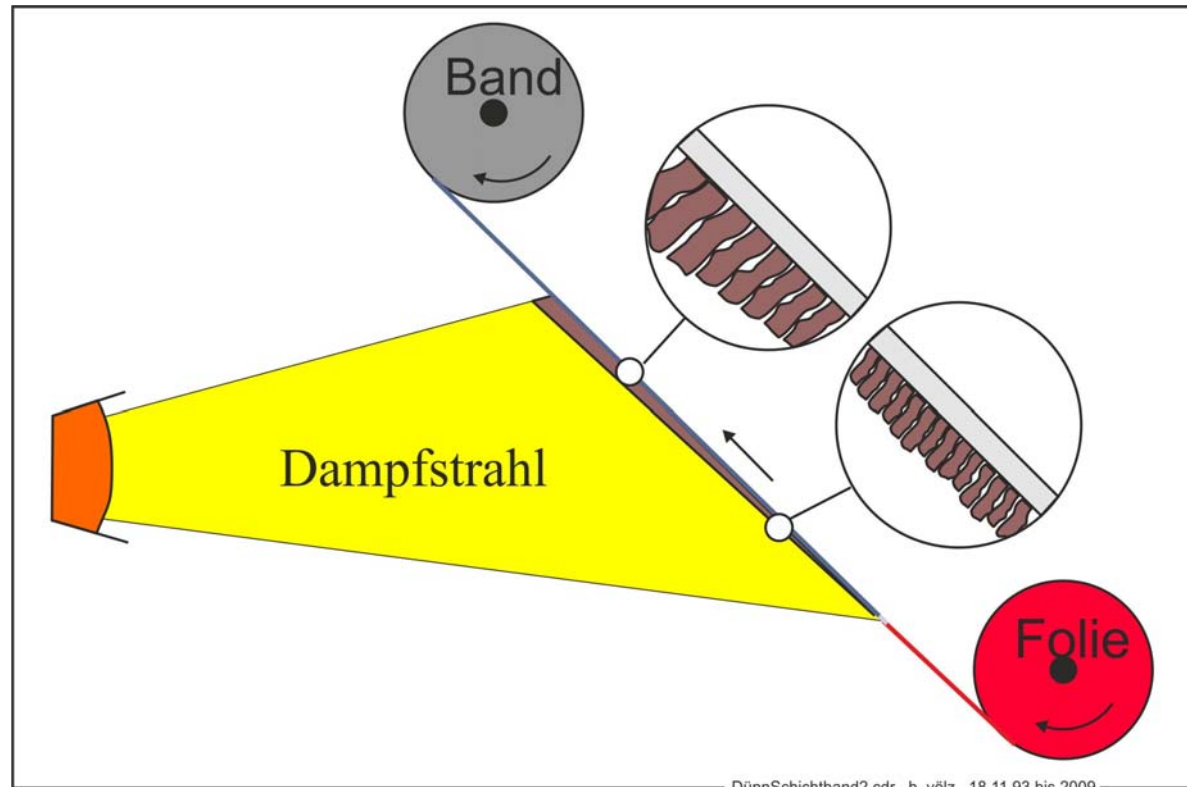
Das Band kann also optimal nur in einer Laufrichtung benutzt werden



DünneSchichtenF.cdr h. vözl 18.11.93/94/95/96/2.1.06

Späte Beseitigung des zweiten Nachteils

Die Japaner (s.u.) fanden hierfür sehr viel später eine etwas abweichende Aufdampfmethode. Die Gegenlaufrichtung des Bandes hebt die Schiefstellung der Säulen auf. Zugleich kann so die Ausnutzung des Aufdampfmaterials verbessert werden. Allerdings ist hierbei der Kühlaufwand mit flüssiger Luft deutlich größer.



Zum erreichten Stand

1967 wiesen wir die extrem hohe Speicherdichte 1000 Bit/mm nach (technisch waren sonst nur knapp 50 möglich)
Ohne meine Kenntnis empfahlen die Partei- und Gewerkschaftsleitung des optischen Institutes der Akademieleitung mich mit **Leibniz-Medaille** auszuzeichnen.

Als ich das erfuhr, bestand ich darauf wichtige Mitarbeiter und Prof von Ardenne einzubeziehen

Doch dadurch entstand das Problem für die **Festlegung der Auszuzeichnenden**.

Es wurde deutlich, dass Ardenne in der Akademieleitung völlig unerwünscht war.

Es sollten nur Mitarbeiter der Akademie ausgezeichnet werden.

Erst als ich selbst auf die Auszeichnung verzichtete konnte zumindest Dr. Effenberger einbezogen werden.

Um aber nicht zu sehr das Institut Ardenne zu betonen, musste ich meine Mitarbeiter erweitern und auch die Filmfabrik ORWO (Wolfen), die erst gerade in die Mitarbeit eingestiegen waren, berücksichtige mit Dr. Schneider einbeziehen.

Bei der Auszeichnung trickste mich allerdings der Präsident Prof. Klare indirekt aus:

Auf der Bühne des Leibniz-Tages September 1968 wurden mir allein alle Auszeichnungen für das Kollektiv: Laubsch, Münster, Pössel, Siakkou, Straubel, Willaschek, Effenberger und Schneider übergeben.

Übergang zur Produktion

Ab 1968 war auch die Filmfabrik Wolfen (später ORWO) u. a. auch zur Finanzierung einbezogen.

Dort war Dr. Schneider der verantwortliche Partner.

Geplant wurden nun Großanlagen für das Metaldünnschichtband in Dessau.

Neben den kosmischen Speichern waren hierzu von uns auch bereits das industrielle Gerät RK2 (s. u.) entwickelt worden.

Jedoch einige mir völlig „undurchsichtige“ (eventuell absichtliche) Fakten sorgten für erhebliche Verzögerungen.

Gegenmaßnahmen könnten u.a. von der Akademie bzw. Prof Kempe gekommen sein!?

So verkaufte Prof. v. Ardenne schließlich Vakuumanlagen und das technische Knowhow nach Japan.

So entstand um 1980 bei Matsushita das ME-, VE-Band (**v**acuum **e**vaporated) für die Videoaufzeichnung.

Dabei entstanden zusätzliche Lösungen zur Vermeidung des starken Abriebs an der rotierenden Trommel des Videorecorders.

Doch die kommerzielle Produktion begann erst ca. 1995 für Videorecorder vom Typ VCR.

Die AMS hat diesen Bandtyp also rund 20 Jahre früher sehr erfolgreich bei den Kosmosspeichern eingesetzt.

Der R1-Speicher

Die ersten Anforderungen für Satelliten-Speicher wurden 1970 der AMS übergeben.

Anwendungen waren das ETMS + PM (Einheitliches Telemetrie-System der sozialistische Länder bzw. Peilmesstechnik)

Die Satelliten dafür flogen zwischen 400 und 1000 km Höhe mit Umlaufzeiten von ca. 100 Minuten.

Sie umrundeten also die Erde mehrmals täglich. Auf den Bahnen nahmen sie Messdaten auf.

Zu empfangen sind sie aber nur während der relativ kurzen Funksicht für 5 bis 10 Minuten.

Die geforderte Speicherkapazität lag bei einigen MBit.

Für die Speicherung stand folglich eine deutlich längere Zeit als für die Wiedergabe zur Verfügung.

So ergab sich die Anwendung eines Endloswickels.

Bei Funksicht wurde er auf eine höhere Geschwindigkeit umgeschaltet.

Da das s Rückspulen entfiel, konnte sofort die Wiedergabe beginnen.

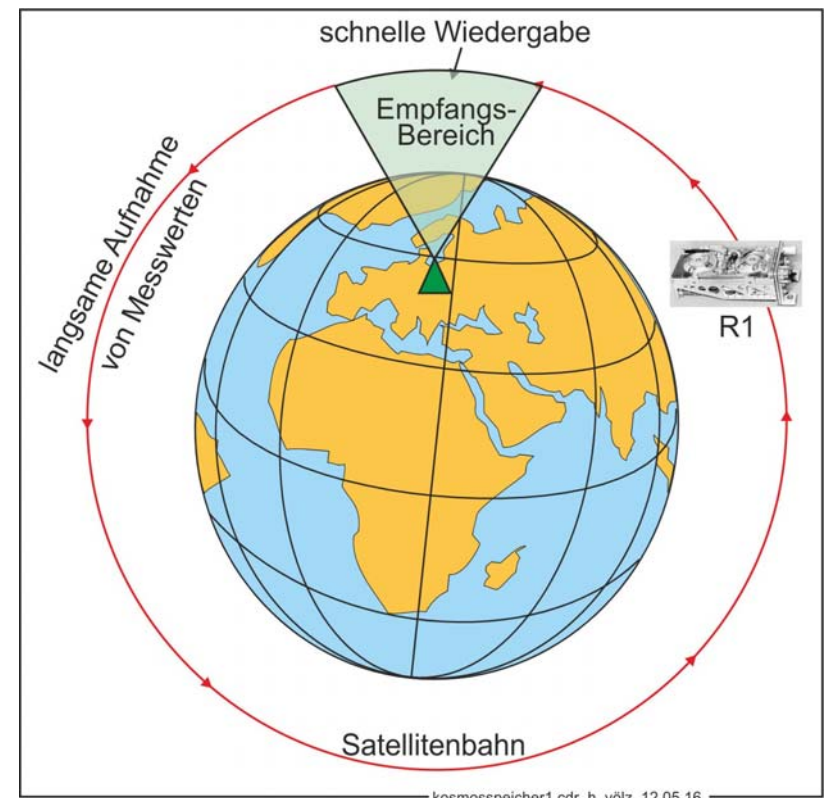
Gleichzeitig konnte das für Satelliten sehr störende **Drehmoment** (der Spulen) sehr gering halten werden.

Es wurde sogar dadurch weiter reduziert, weil kein runder sondern erstmalig ein länglicher Wickel eingesetzt wurde.

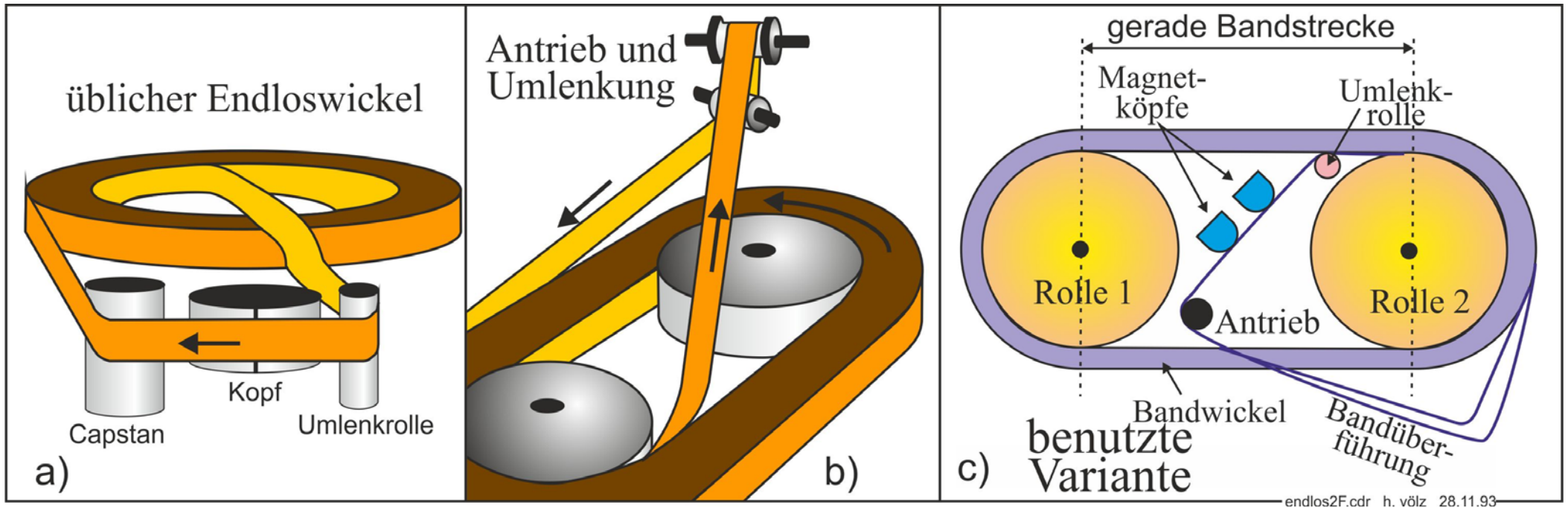
So hoben sich die Bewegungen der beiden geradlinigen Bereiche zusätzlich auf.

Weiter konnten die **Köpfe** und der Antrieb **im Innern** des Wickels angebracht werden (Raum-Ersparnis).

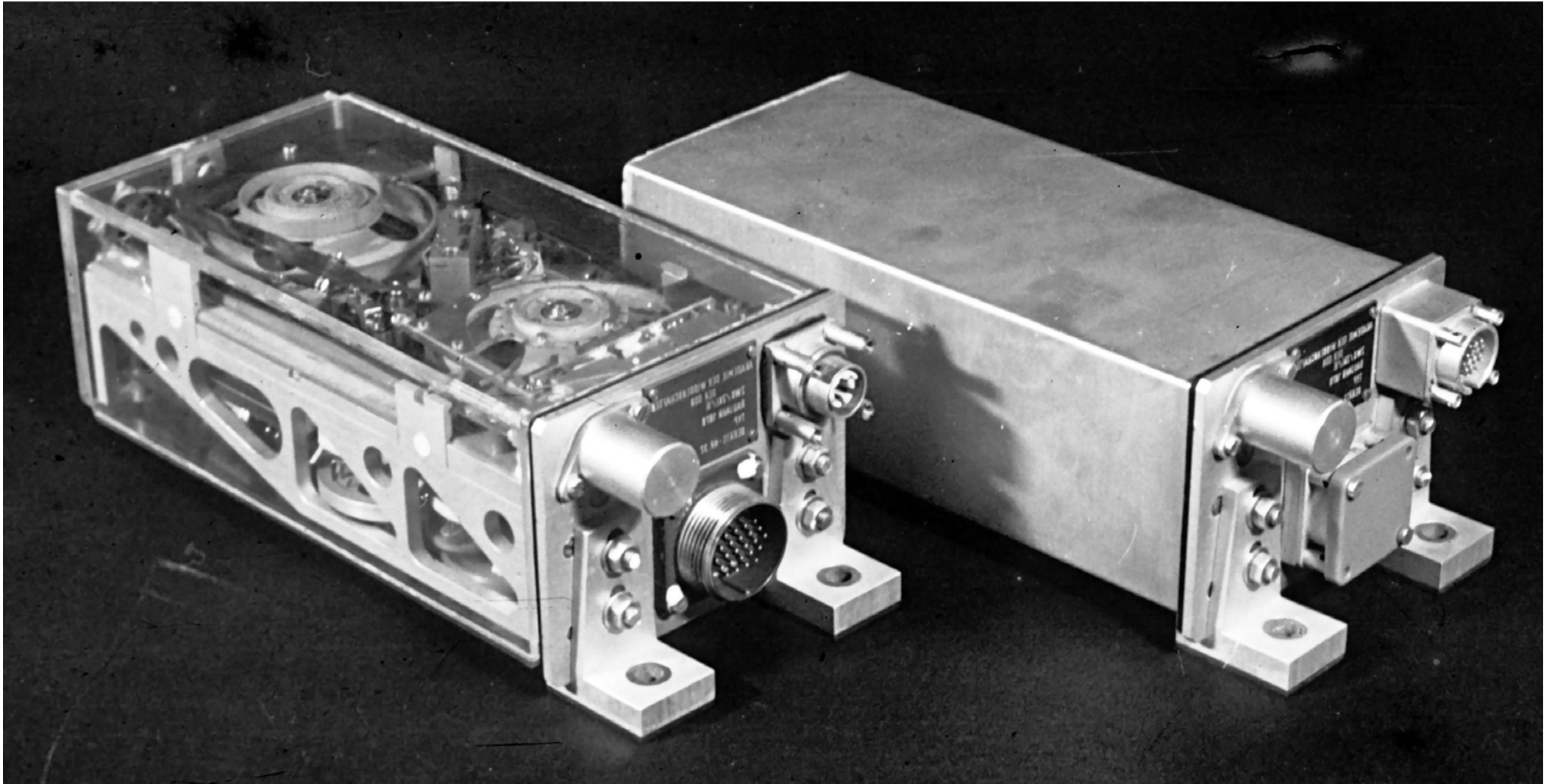
Zusätzlich versprach der spezielle Endloswickel infolge **weniger Bauteile** eine **erhöhte Zuverlässigkeit**.



Varianten des Endloswickels.



- a) Die übliche Variante.
- b) Unser Prinzip.
- c) Ausführung mit den sich bewegungsaufhebenden Abschnitten (grade Bandstrecken) und Köpfe im Innern.



R1-Speicher. Links geöffnet und rechts dahinter im dichten Schutzgehäuse (Länge 28 cm)

Generelle Sonderforderungen für Kosmosspeicher

- Geringes Volumen und Gewicht (Masse), geringer Energieverbrauch
- Wegen Start: Vibrationsfestigkeit: 3 - 10g (g = Erdbeschleunigung) von 20 – 20 000 Hz in alle 3 Richtungen, stoßfest 3-mal je Richtung 40 g (entspricht einem freien Fall aus etwa 1 m Höhe auf Beton)
- Betrieb in Schwerelosigkeit; Temperaturbereich -5 bis +45 °C; bis zu 100 % Feuchtigkeit
- Hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer, wartungsfrei und fernsteuerbar
- Hohe Strahlungsfestigkeit

Als Lebensdauer waren 3 Jahre gefordert, im Einsatz wurden mehr als 5 Jahre erreicht.

Gemäß internationalem Stand kamen damals nur Magnetbandspeicher in Betracht.

Für die Elektronik war wegen der Strahlungsfestigkeit nur TTL-Technik zulässig.

Festplatten waren ungeeignet, da sie nicht stoß- und vibrationsfest sowie luftdruckabhängig sind.

Die amerikanischen Speicher erreichten damals gerade 1 MBit.

Die Daten

Sie ergaben sich nach einigen Abschätzungen, Berechnungen und Vorversuchen:

- Speicherkapazität $6 \cdot 10^6$ Bit, Speicherdichte 115 Bit/mm (Biphase)
- Bandgeschwindigkeit mittels Reibradgetriebe 2-fach umschaltbar, je nach Variante 1:2, 1:8 oder 1:32
- Geschwindigkeiten bei Aufnahme 0,297; 1,09 oder 4,75 cm/, bei Wiedergabe 9,5 cm/s
- Aufnahmerate 0,38; 1,25 oder 5 kBit/s, Wiedergabe etwa 10 kBit/s
- Fehlerrate $< 10^{-6}$, Wartungsfrei > 5 Jahre bzw. > 3000 Zyklen
- Leistungsbedarf max. 2,5 W; Abmessungen $280 \times 110 \times 85 \text{ mm}^3$, Masse 2 bis 2,6 kg
- Dünnschicht-Magnetband: Breite 6,25 mm, Länge 22 bis 60 m, Schichtdicke 30 nm

Durch unser Band entfiel das bei den Amerikanern übliche Verkleben des Magnetbandes (Binder im Oxyd-Band) vor dem Kopf infolge des Rüttelns beim Start.

Es verursachte damals bei den amerikanischen Geräten ca. 50% der Ausfälle.

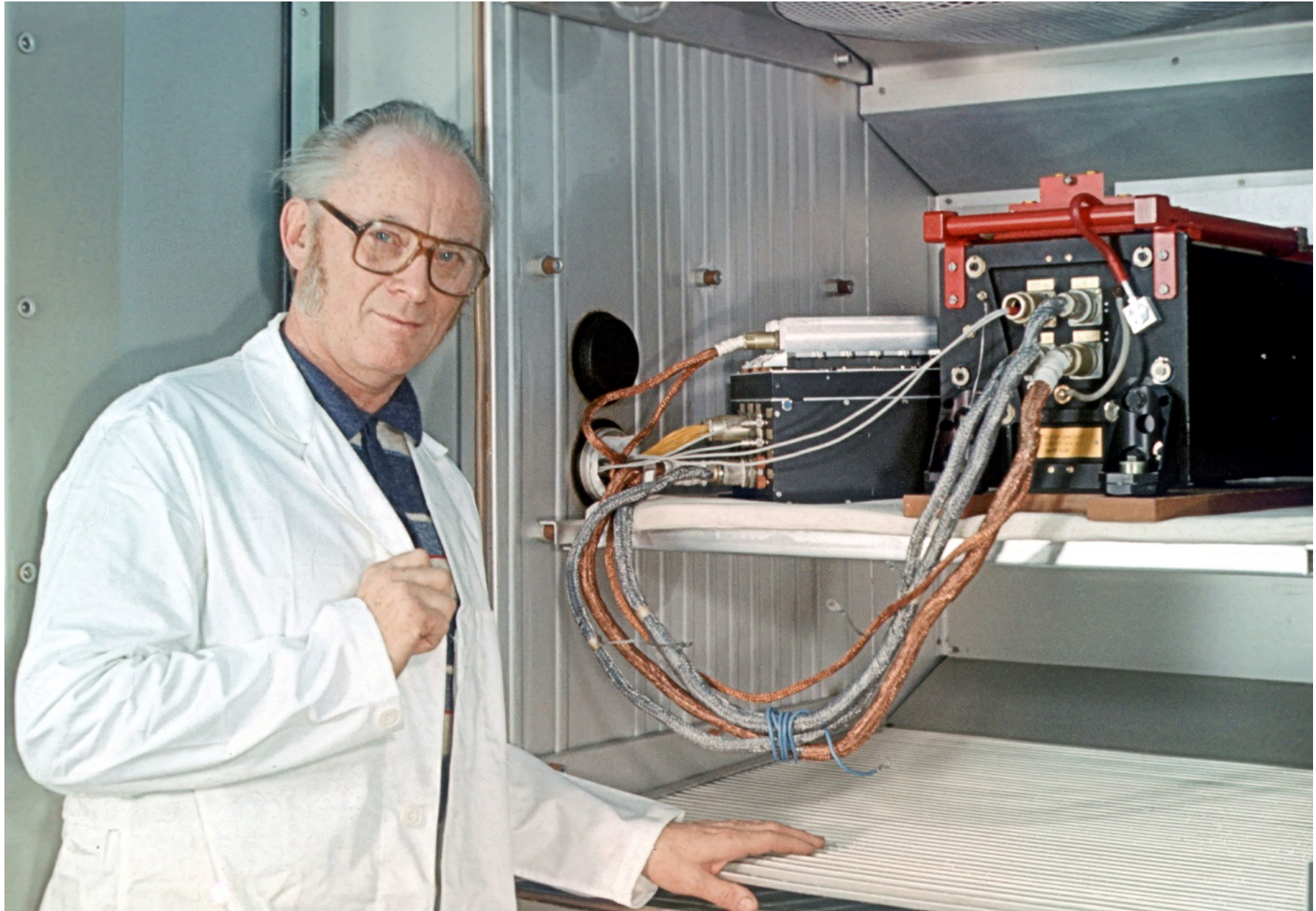
Ferner entfielen der Kopfabrieb und die elektrostatische Aufladung durch die Reibung (zusätzliche Cu-Rückschicht).

Zudem war das Band für die Neuaufzeichnung viel exakter allein durch Überschreiben zu löschen.

Neu zu lösen war allerdings die Verbindung von Bandanfang und Bandende für den Wickel.

Das folgende Bild zeigt den Chefentwickler für alle Kosmospeicher Ober-Ing. Werner Neumann (1933 - 2015) bei der Prüfung des späteren R3m

Dieser Beitrag möchte zugleich an diesem guten Menschen und hervorragenden Konstrukteur erinnern



Einsatz der Geräte

Für den Einsatz von 1976 bis 1980 fertigten wir mehr ca. 50 Geräte.

Für jeden Einsatz mussten wir 3 Geräte bereitzustellen. Häufig wurden zwei Speicher im Satelliten installiert.

Am Boden musste immer zusätzlich ein technologisches Muster bereitstehen.

Ferner benötigten wir Muster als Reserve sowie für Klima-, Schüttel- und Lebensdauertests.

Uns sind jedoch nicht alle Einsätze bekannt.

Mit sehr großer Gewissheit fiel aber kein Speicher in der Betriebszeit des Satelliten aus.

Folgende Einsätze sind uns bekannt.

Startdatum	Satellit	Speicher-Nr.
15.5.76	Meteor 25	12 und 13
19.6.76	Intercomos 1	10 und 11
26.9.77	Meteor 28	2 und 3
24.10.78	Intercomos 18	18 und 20
Jan. 79	Meteor 29	14 und 15
1.11.79	Intercosmos 21	45 und 46
1980	Intercosmos 27	16 und 19

Der R2K

Der R2-Speicher ist zunächst eine erweiterte Version des R1

Mit ihm fanden 3 Einsätze von 1976 bis 1979 statt.

Aus ihm ging die abgewandelte Variante RK für die digitale Rechentechnik der DDR hervor.

Hier war der Endloswickel erstmals in eine auswechselbare Kassette umgewandelt.

In Zusammenarbeit mit der Industrie wurde der Entwicklungsstand K1 erreicht.

Da international die Festplatten und Disketten an Bedeutung gewannen, erfolgte keine Weiterführung der Arbeiten.

Die wichtigsten technischen Daten des RK-Speichers sind:

Speicherkapazität12,5 MByte,

Speicherdichte.512 FW/mm, BiPhase,

Wiedergaberate100 kBit/s.

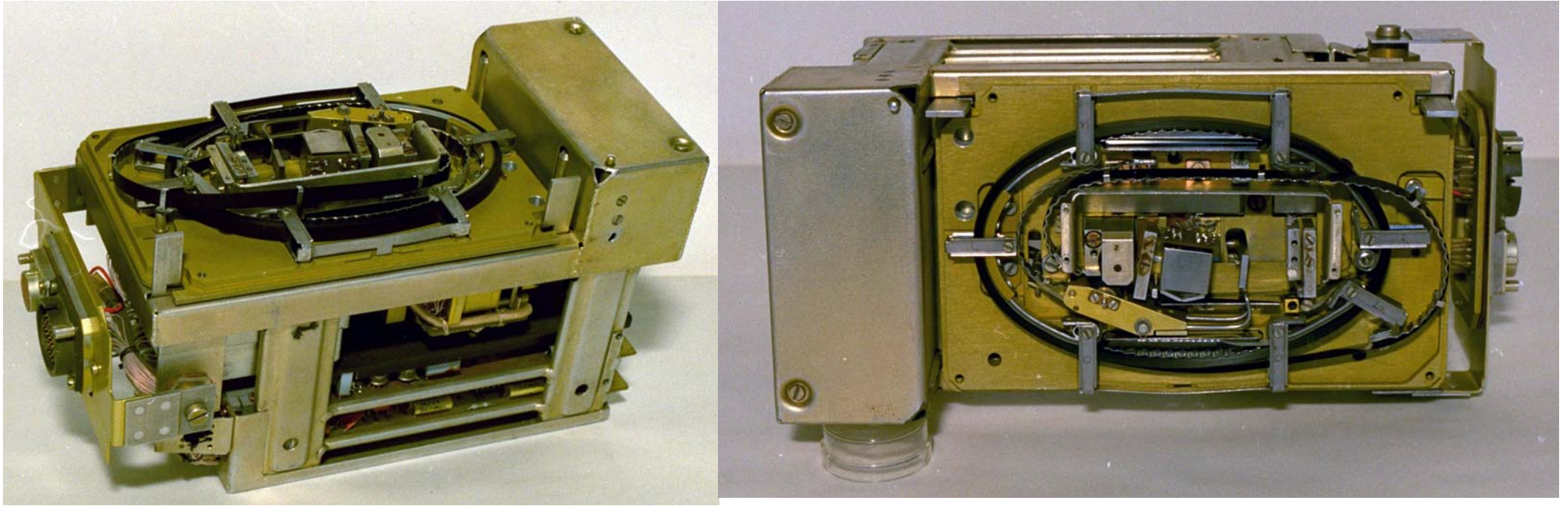
Transponierung1:2 bzw. 1:8, 4 Spuren,

Leistungsverbrauch ..4 W,

Masse4,5 kg

Temperaturbereich ...-5 bis +45 °C

Fehlerrate 10^{-6}



Zwei Ansichten des RK mit abnehmbarer Endlos-Kassette.

Der Tiefraumspeicher R3m für die internationale Phobos-Mission 1988

Der Marsmond Phobos gilt als eingefangener Asteroid.

Über ihn waren Aussagen zum Aufbau des Sonnensystems zu erwarten.

Die Idee zu dieser Mission entstand 1988 in den USA.

Nur die russische Raketentechnik ermöglichte damals einen 29-t-Satelliten dorthin zu senden.

Doch später verbot Präsident Reagen den Einsatz des amerikanischen Videospeichers.

Daher musste ein entsprechendes Gerät im sozialistischen Lager entwickelt werden.

Vorbereitungsgespräche mit der DDR erfolgten 1979/1980.

Den Auftrag erhielt dann das Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW für die AMS

Hier waren umfangreiche Erfahrungen für Speicher (international anerkannt) und auch für Kosmosspeicher vorhanden.

Erste internationale Vorstellung des Projektes erfolgte 1984.

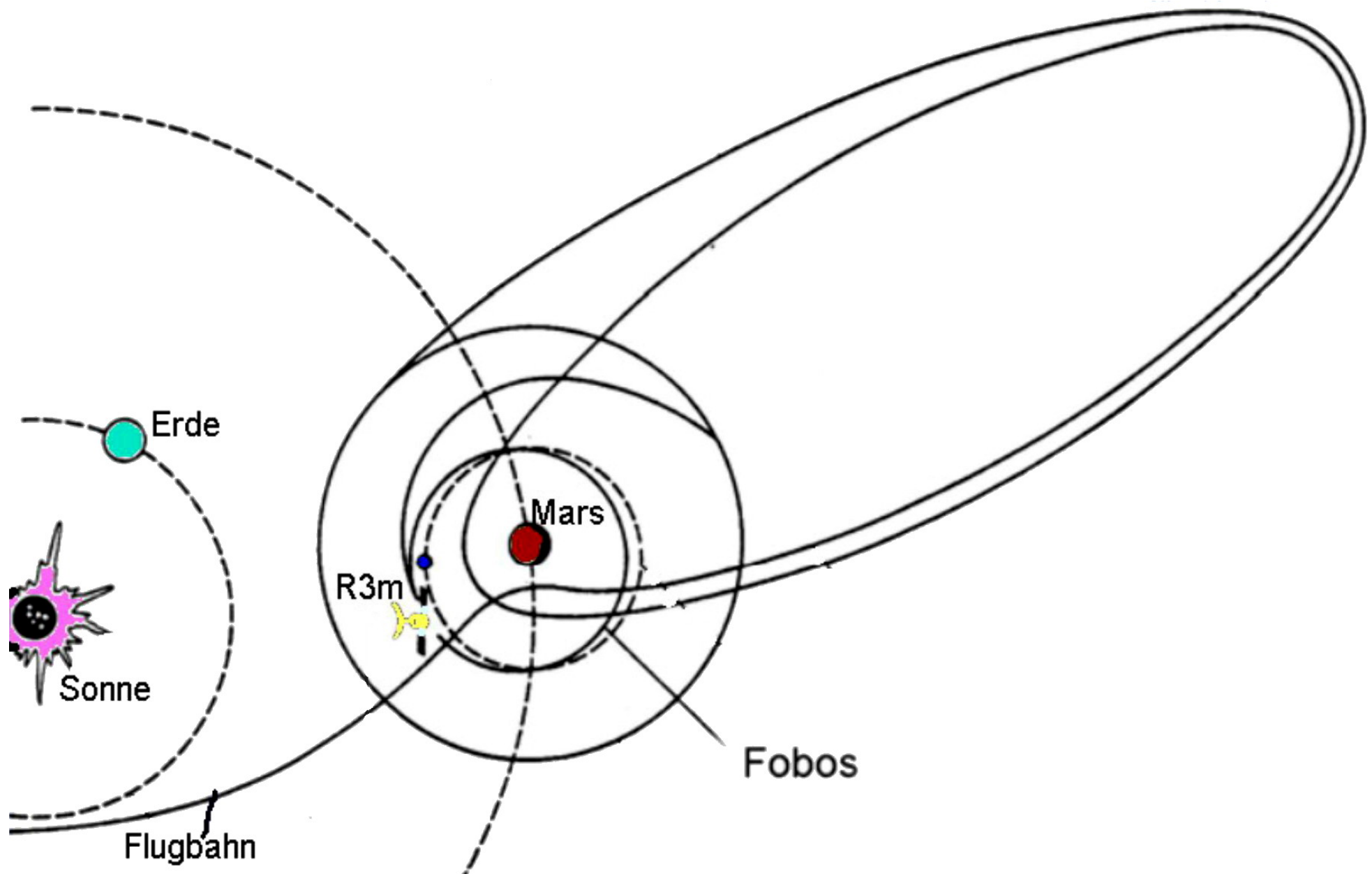
1985 entstanden Vereinbarungen mit ESA und CNES.

Schließlich waren 26 Experimente aus 15 Ländern, ohne die USA beteiligt.

Der Satellit sollte zunächst auf eine Kreisbahn um den Mars gelangen und dann am Phobos dicht vorbeifliegen.

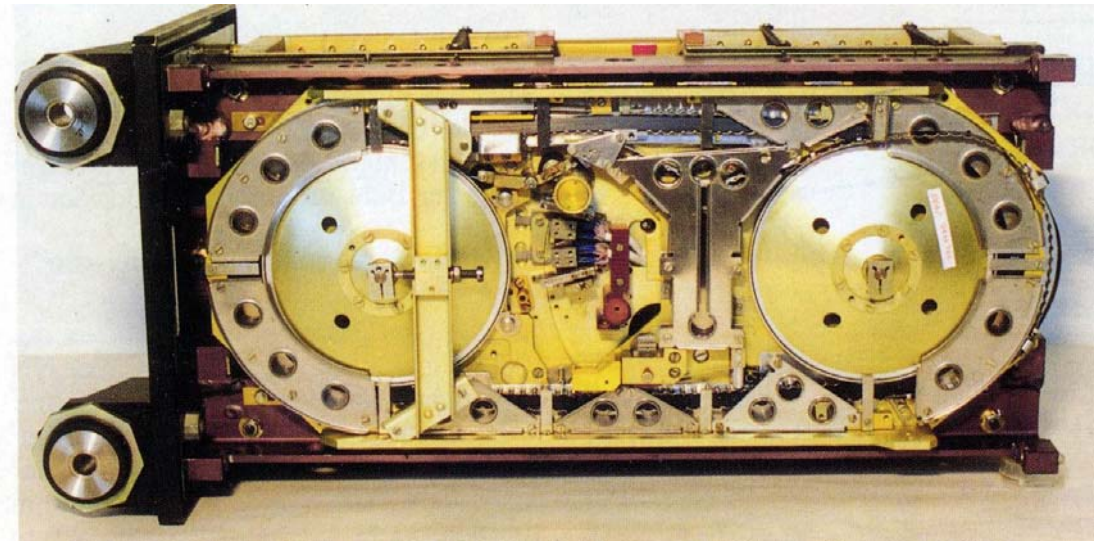
Dabei waren ca. 100 Aufnahmen zur Navigation der Sonde vom Phobos bzw. Deimos vorgesehen.

Später sollten mindestens 1000 Aufnahmen vom Phobos bei angepassten Umrundungen erfolgen



Zur Entwicklung des R3m

Die Datenrate für die Videoaufzeichnungen wurde zu 2,08 MBit/s festgelegt.
Entsprechend der großen Entfernung waren aber für die Wiedergabe nur 4096 oder 8192 Bit/s möglich.
Gleichzeitig sollte die Wiedergabe so gestaltet werden, dass möglichst schnell viele Bilder zunächst mit geringer Auflösung gesendet werden.
Bei der weiteren Wiedergabe sollten sie ständig verbessert werden.
Das verlangte eine hoch komplexe Aufzeichnungs- und Wiedergabesteuerung.
Mit einer Geschwindigkeitsumschaltung allein war die Transponierung 1: 500 nicht erreichbar.
Daher entstand eine „stroboskopische“ Wiedergabe mit 16 Spuren auf dem Band.
Eine davon wurde als Pilotspur zur Taktgewinnung und Motorregelung reserviert.
Die anderen 15 wurden in 3 Gruppen zu je 5 Spuren zusammengefasst.
Auf je 5 Spuren werden dann die Bilder mit ca. 400 KHz pro Spur zusammenhängend gespeichert.
Durch den Endloswickel sind die einzelnen 3 Spurgruppen nacheinander ohne Rückspulen nutzbar.
Dadurch kann erst nach vollständigem Durchlauf auf das Anfangsbild in der folgenden Spur zugegriffen werden.
Auf diesen Grundlagen entstand 1982 bis 1984 ein 200 MByte Kassettenspeicher im 19 Zoll-Robotron-Rechnereinschub.
Bei 200 m ¼-Zoll-Band und 860 Bit/mm mit 4/5 Gruppencode und Fehlerkorrektur betrug die Fehlerrate von 10^{-6} .
Große Forderungen mussten an den Magnetkopf gestellt werden, Gefertigt wurde er in der Werkstatt der AMS.
Seine Induktivität musste der Aufzeichnungs- und der Wiedergabefrequenz angepasst werden.
Wegen der relativ hohen Frequenz musste auf das sehr schwierig zu bearbeitende Sendust übergegangen werden.
Die 16 Spuren erforderten technologisch zwei 8-Spurköpfe, die um eine Spurhöhe versetzt angeordnet wurden.
Solche Köpfe bestehen aus sehr vielen Bauteilen und sind daher sehr aufwändig.
Ähnliche Köpfe kosteten damals international mehrer tausend Doller.



Laufwerksblock des R3m, genauso groß ist der Elektrikblock. Die Endloskassette

Kennwerte des R3M

Masse Laufwerk R3m 16.2 kg,
 Elektronikblock R3m 5,7 kg
 Leistungsverbrauch 33 W,
 Vibrationsfestigkeit 11 g bei 0 bis 3 kHz,
 Wartungsfreie Lebensdauer >3 Jahre.
 Temperaturbereich 0 bis 45 C, für Lagerung -20...+50 C.
 Weiter Details sind als [9] downloadbar.

Probleme

Natürlich gab es auch Probleme, und nicht nur technische, sondern auch von außen.

1977 wurde ich als Direktor des ZKI „auf eigenen Wunsch“ von Dr. Volker Kempe abgelöst.

Ab 1988 war ich sogar nur noch wissenschaftlicher Mitarbeiter.

Kempe hatte immer etwas gegen die Speichertechnik,

vielleicht sogar gegen Hardware (z. B. Ausgliederung der der mehrfach hoch ausgezeichneten Fluidik Dresden!)

Besonders typisch ist, dass er 1984 der Arbeitsgruppe Räume zuwies, die mit Polyurethan ausgeschäumt waren.

Wegen der Gefahr eines Brandes mit schneller Cyanvergiftung erhielten die Mitarbeiter vom Arbeitsschutz u.a. Lötverbot.

Damit war der Starttermin für die nächsten Speicher gefährdet.

Alle meine Versuche hiergegen Einspruch zu erheben, scheiterten bis zur Akademieleitung.

So streikte ich ab dem 3.9.1984 (Details [9] Dokumente.pdf, S. 42).

Erst so erhielten die Mitarbeiter in wenigen Tagen neue Räume, sogar eine für die Verwaltung ausgestatte Baracke.

Trotz dieser und weiterer Repressalien gegen die AMS erscheint aber nach dem erfolgreichen Betrieb Kempe als Mitautor

der einzigen Veröffentlichung [8], während wichtige Mitarbeiter und mein Name einfach fehlen (s. u.).

Aus Gründen der hohen Vertraulichkeit war von der AMS nur Dr. G. Weide als „Projektleiter“ einbezogen.

Selbst der Chefkonstrukteur Werner Neumann und ich als wissenschaftlicher Leiter wurden absichtlich im Glauben

belassen, dass der Speicher nur für Russland gebaut würde.

Diese Fakten erfuhren wir erstmalig von Dr. Weide bei dessen Vortrag im Planetarium am Insulaner am 17.2.2010.

Warum der R3m kein Metallschichtband erhielt, ist mir völlig unklar. Ich bekam nie eine klare Antwort.

Es könnte mit der Vermeidung seiner Großproduktion (s. o.) gegen Ardenne oder zu meinem Schaden (ich war ja noch

Bereichsleiter) absichtlich erfolgt sein (s. o. Streik).

Ergänzungen

Bei den Vorträgen im Planetarium am 17.2.2010 wurden alle Geräte vorgeführt
Ein Exemplar des R3m-Speichers befindet sich im Münchener Museum
.Er gilt als der international größte und leistungsfähige Bandspeicher für Satelliten.

In die Arbeiten zu dem Speicher hatten wir rund 20 andere Einrichtungen einbezogen.
Hervorheben möchte ich das AdW Zentralinstitut Festkörperphysik Dresden (Herstellung Sendust),
AdW Zentralinstitut Wissenschaftlicher Gerätebau und AdW Dienstleistungseinrichtung DLE (Fertigung)
RFZ Rundfunk und Fernsehtechnisches Zentralamt (Magnetkopftechnologie)
Chemiewerk Nünchritz (Teflon).

Ich möchte, die große Bereitschaft fast aller Mitarbeiter der AMS betonen, selbst an Sonn- und Feiertagen und unter ungünstigen Bedingungen zu arbeiten, um den jeweiligen Startermin zu sichern.

Literatur

- [1] Willaschek, „10 Jahre AMS“ Ormig-vervielfältigtes Skript.
- [2] Stemme, O.: Magnetismus - Grundlagen, Wirkungsweise, Anwendungen. Maxon academy, Schseln 2004
- [3] Ardenne, Effenberger, Müller, Völz: „Untersuchungen über Herstellung und Eigenschaften aufgedampfter Magnetschichten als Speicherschichten für Magnetbänder“. IEEE Trans. Mag. MAG-2 (1966) 3, 202 – 205) Englisch: „Investigations regarding production and properties of vapour deposited magnetic films for dynamic stores“
- [4] Völz, H.: „Magnetic Recording Research“, internationale Intermag-Konferenz Washington, 5.4.67
„Attempt at a general theory of information storage“; Colloquium IBM San Jose, Kalifornien, 12.4.67;
„A special application of information theory to magnetic recording“; dito 13.4.67
- [5] Münster, E.; Richter-Mendau, J.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen schrägaufgedampfter dünner Co₇₀Fe₃₀ Schichten, Exp. techn. d. Physik 24 (1976) S. 51 - 58
- [6] Mädiger, Voigt, Völz, Willaschek „Analysis of signals statistics and drop-out behaviour of magnetic tapes“ IEEE Trans. on Magn. MAG Sept. 1984, Pt. 2 (1984) 5, 765-767
- [7] Glöß, R.: „Mathematische Modellierung von Endloswickelanordnungen verschiedener Gestellgeometrie“. Feingerätetechnik 31(1982) H.7, S. 293 - 296
- [8] Kempe, Neumann, Siakkou, Weide: „Digitaler Satelliten-Magnetbandspeicher“. Bild und Ton, 1980, H.1, S. 5 – 8.
- [9] Downloadbar von horstvoelz.de/PDF/sonstige/index.html
11.02.2010 **Vortrag Dr. Weide**: DDR-Tiefraumspeicher R 3m, Förster-Planetarium
11.03.2009 Dr. Weide **Tiefraumvideospeicher zum R3m** Tiefraumspeicher (Dissertation B.; s. auch Link-Ergänzung dort).
14.02.2010 **Beginn der Arbeitsgruppe** Magnetische Signalspeicher (AMS) AdW, sehr kurz Entstehung und Ablauf
08.02.2010 **Vortrag Prof. Völz**: Sternwarte Förster-Sternwarte zum Kosmospeicher R3m
17.12.2012 **Dokumente** Kommentierte Dokumente aus meinem Leben