

H. Neuroth, A. Oßwald, R. Scheffel, S. Strathmann, M. Jehn (Hrsg.)

# nestor Handbuch

Eine kleine Enzyklopädie  
der digitalen Langzeitarchivierung

Version 2.0

Kapitel 8.5  
Computermuseum

nestor 

**vwh**

nestor Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung  
hg. v. H. Neuroth, A. Oßwald, R. Scheffel, S. Strathmann, M. Jehn  
im Rahmen des Projektes: nestor – Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung und  
Langzeitverfügbarkeit digitaler Ressourcen für Deutschland  
nestor – Network of Expertise in Long-Term Storage of Digital Resources  
<http://www.langzeitarchivierung.de/>

Kontakt: [editors@langzeitarchivierung.de](mailto:editors@langzeitarchivierung.de)  
c/o Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen,  
Dr. Heike Neuroth, Forschung und Entwicklung, Papendiek 14, 37073 Göttingen

Die Herausgeber danken Anke Herr (Korrektur), Martina Kerzel (Bildbearbeitung) und  
Jörn Tietgen (Layout und Formatierung des Gesamttextes) für ihre unverzichtbare  
Unterstützung bei der Fertigstellung des Handbuchs.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter  
<http://www.d-nb.de/> abrufbar.

Die Inhalte dieses Buchs stehen auch als Onlineversion  
(<http://nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/>)  
sowie über den Göttinger Universitätskatalog (<http://www.sub.uni-goettingen.de>) zur  
Verfügung.

Die digitale Version 2.0 steht unter folgender Creative-Commons-Lizenz:  
„Attribution-Noncommercial-Share Alike 3.0 Unported“  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>



Einfache Nutzungsrechte liegen beim Verlag Werner Hülsbusch, Boizenburg.  
© Verlag Werner Hülsbusch, Boizenburg, 2009  
[www.vwh-verlag.de](http://www.vwh-verlag.de)  
In Kooperation mit dem Universitätsverlag Göttingen

Markenerklärung: Die in diesem Werk wiedergegebenen Gebrauchsnamen, Handelsnamen,  
Warenzeichen usw. können auch ohne besondere Kennzeichnung geschützte Marken sein und  
als solche den gesetzlichen Bestimmungen unterliegen.

Druck und Bindung: Kunsthaus Schwanheide

Printed in Germany – Als Typoskript gedruckt –

ISBN: 978-3-940317-48-3

URL für Kapitel 8.5 „Computermuseum“ (Version 2.0): [urn:nbn:de:0008-20090811420](http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:0008-20090811420)  
<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:0008-20090811420>



*Gewidmet der Erinnerung an Hans Liegmann (†), der als Mitinitiator und früherer Herausgeber des Handbuchs ganz wesentlich an dessen Entstehung beteiligt war.*

## 8.5 Computermuseum

*Karsten Huth*

*Die Erhaltung von Hardware ist auf lange Sicht keine vielversprechende Strategie zur Bewahrung von digitalen Objekten. Solange aber keine technischen Möglichkeiten zum Transfer von Daten aus den alten Systemen auf aktuelle Plattformen sowie zur Migration oder Emulation zur Verfügung stehen, ist der Erhalt des originalen Systems ein notwendiger erster Schritt zur Erhaltung eines digitalen Bestandes. Zudem gibt es auch Museen, die ihren Besuchern den Eindruck der historischen Software mitsamt der historischen Hardware vermitteln wollen. Dieser Artikel gibt eine kurze Einführung in die Probleme, die sich vor allem durch die Auflösungserscheinungen der Werkstoffe ergeben.*

### Definition

Auch wenn man die Strategie der „Hardware Preservation“, also der Erhaltung von Hardware, als Methode zur Langzeitarchivierung auf keinen Fall empfehlen sollte, so ist es leider alltägliche Praxis, dass digitale Langzeitarchive auch obsolete Hardware vorhalten müssen, zumindest bis sie in der Lage sind, besser geeignete Strategien durchzuführen. Aber gerade in den Anfängen eines digitalen Archivs, wenn es noch über keinen geregelten Workflow verfügt, werden digitale Objekte oft auf ihren originalen Datenträgern oder mitsamt ihrer originalen Hardware/Software-Umgebung abgeliefert. Dies betrifft vor allem digitale Objekte, die technologisch obsolet geworden sind. Deshalb sind in der Praxis, wenn auch ungewollt, Computermuseen eher die Regel als eine Ausnahme.

Leider hat sich der Begriff „Computermuseum“ im deutschen Sprachraum verfestigt. Passender wäre der Begriff „Hardware-/Software-Konservierung“, denn die konservierten Computer müssen nicht unbedingt nur im Rahmen eines Museums erhalten werden. Man muss vielmehr differenzieren zwischen:

1. Hardware Preservation als Strategie zur Archivierung von digitalen Objekten:  
Eigentliches Ziel ist die Erhaltung der digitalen Objekte. Zu diesem Zweck versucht man die ursprüngliche Hardware/Software-Plattform so lange wie möglich am Laufen zu halten.
2. Hardware Preservation im Rahmen eines Technikmuseums:  
Wird im ersten Fall die Hardware/Software-Plattform nur erhalten, um den Zugriff auf die digitalen Objekte zu ermöglichen, so ist hier die

ursprüngliche Hardware/Software Plattform das zentrale Objekt der konservatorischen Bemühungen. Während im ersten Fall Reparaturen an der Hardware einzig der Lauffähigkeit der Rechner dienen, so fallen im Rahmen eines Technikmuseums auch ethische Gesichtspunkte bei der Restaurierung ins Gewicht. Die Erhaltung der Funktion ist bei einer Reparatur nicht mehr das einzige Kriterium, es sollten auch möglichst die historisch adäquaten Bauteile verwendet werden. Diese Auflage erschwert die beinahe unmögliche Aufgabe der Hardware-Konservierung noch zusätzlich.

Bei einem technischen Museum liegt die Motivation zur Konservierung von Hardware auf der Hand. Die historische Hardware zusammen mit der originalen Software sind die Sammelobjekte und Exponate des Museums. Deswegen müssen sie solange wie möglich in einem präsentablen Zustand erhalten werden. Daneben gibt es aber auch noch weitere Gründe, die für die Hardware Preservation als Archivierungsstrategie sprechen.

### Gründe zur Aufrechterhaltung eines Computermuseums

- Keine andere Strategie erhält soviel vom intrinsischen Wert der digitalen Objekte (Look and Feel). An Authentizität ist dieser Ansatz nicht zu übertreffen.<sup>18</sup>
- Bei komplexen digitalen Objekten, für die Migration nicht in Frage kommt, und eine Emulation der Hardware/Software Umgebung noch nicht möglich ist, ist die Hardware Preservation die einzige Möglichkeit, um das Objekt zumindest für einen Übergangszeitraum zu erhalten.<sup>19</sup>
- Zur Unterstützung von anderen Archivierungsstrategien kann die zeitweise Erhaltung der originalen Plattformen notwendig sein. Man kann z.B. nur durch einen Vergleich mit der ursprünglichen Hardware/Software-Plattform überprüfen, ob ein Emulatorprogramm korrekt arbeitet oder nicht.<sup>20</sup>

---

18 Borghoff, Uwe M. et al. (2003): *Methoden zur Erhaltung digitaler Dokumente*. 1. Aufl. Heidelberg: dpunkt-Verl., 2003: S. 16-18

19 Jones, Maggie/ Beagrie, Neil (o.J): *Preservation Management of Digital Materials: A Handbook*. Digital Preservation Coalition.

20 Rothenberg, Jeff (1998): *Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation: A Report to the Council on Library and Information Resources*. Washington D.C.: Council on Library and Information Resources: S. 12-13 <http://www.clir.org/pubs/reports/rothenberg/inadequacy.html>

## Probleme der Hardware Preservation

Ob man ein Hardware-Museum aus dem ersten oder dem zweiten Grund führt, in beiden Fällen hat man mit den gleichen Problemen zu kämpfen. Zum einen ergeben sich auf lange Sicht gesehen große organisatorische und zum anderen rein technische Probleme der Konservierung von Hardware und Datenträgern.

### 1. Organisatorische Probleme:

- Die Menge an zu lagerndem und zu verwaltendem Material wird stetig wachsen. Da nicht nur die Rechner, sondern auch Peripheriegeräte und Datenträger gelagert werden müssen, steigen Platzbedarf und Lagerungsaufwand enorm an. „Selbst heute schon erscheint es unrealistisch, sämtliche bisher entwickelten Computertypen in einem Museum zu versammeln, geschweige denn dies für die Zukunft sicher zu stellen.“<sup>21</sup>
- Techniker und Experten, die historische Computer bedienen und gegebenenfalls reparieren können, werden über kurz oder lang nicht mehr zur Verfügung stehen. Mit wachsendem Bestand müssten die Mitarbeiter des Museums ihr Fachwissen ständig erweitern, oder der Bedarf an Technikexperten und neuen Mitarbeitern würde ständig wachsen.<sup>22</sup>
- Die Nutzung der digitalen Objekte ist nur sehr eingeschränkt möglich. Da die obsoleten Computersysteme von der aktuellen Technologie abgeschnitten sind, könnte der Nutzer nur im Computermuseum auf die Objekte zugreifen.<sup>23</sup>

### 2. Technische Probleme:

- Die technischen Geräte und Bausteine haben nur eine begrenzte Lebenserwartung. Da für obsolete Systeme keine Ersatzteile mehr produziert werden, ist die Restaurierung eines Systems irgendwann nicht mehr möglich.<sup>24</sup>
- Neben der Hardware muss auch die originale Softwareumgebung erhalten und archiviert werden. Diese muss natürlich auf den entsprechenden Datenträgern vorgehalten werden. Da Datenträger ebenso wie die Hardware nur eine begrenzte Lebensdauer haben, müssen die Software und die Daten von Zeit zu Zeit auf neue, frischere Datenträger des gleichen

---

21 s. Borghoff (2003); a.a.O.

22 Dooijes, Edo Hans (200): *Old computers, now and in the future*. Department of Computerscience/University of Amsterdam. [http://www.science.uva.nl/museum/pdfs/oldcomputers\\_dec2000.pdf](http://www.science.uva.nl/museum/pdfs/oldcomputers_dec2000.pdf)

23 s. Rothenberg (1998), a.a.O.

24 s. Borghoff (2003), a.a.O.

Typs, oder zumindest auf passende Datenträger des gleichen Computersystems umkopiert werden. Da jedoch Datenträger eines obsoleten Systems nicht mehr hergestellt werden, stößt diese Praxis zwangsläufig an ihre Grenze und Software und Daten gehen verloren.<sup>25</sup>

## Auftretende Schäden bei der Lagerung

Es gibt wenig Literatur über die tatsächlich in der Praxis auftretenden Schäden. Der folgende Abschnitt bezieht sich auf eine Umfrage in Computermuseen. Diese Umfrage war Teil einer Abschlussarbeit an der San Francisco State University im Fach Museum Studies. Die folgende Aufzählung ist eine vorläufige Rangliste der auftretenden Probleme.<sup>26</sup>

- Zerfall von Gummiteilen: Gummi wird für viele Bauteile der Hardware verwendet. Riemen in Motoren, Rollen in Magnetbänderlaufwerken, Lochkartenleser und Drucker, um nur einige Beispiele zu nennen. Gummi ist anfällig für Oxidation. Harte Oberflächen werden durch Oxidation weich und klebrig. Mit fortschreitendem Zerfall kann der Gummi wieder verhärten und dabei brüchig werden.
- Zerfall von Schaumstoffisolierungen: Schaumstoff wird hauptsächlich zur Lärmsolierung und Luftfilterung in Computern verwendet. Vor allem Schaumstoff aus Polyurethan ist sehr anfällig für eine ungewollte Oxidation. Das Material verfärbt sich zunächst und zerfällt dann in einzelne Krümel.
- Verfärbung von Plastikteilen: UV-Licht verändert die chemische Zusammensetzung der Plastikgehäuse. Die Funktion des Geräts wird dadurch zwar nicht beeinträchtigt, aber die Farbe des Gehäuses verändert sich merklich ins Gelb-bräunliche.
- Schäden durch Staub: Staub greift sowohl das Äußere der Hardware als auch ihr Innenleben an. Staub ist nur eine grobe Umschreibung für eine Vielzahl an Schadstoffen, wie z.B. Ruß, Ammoniumnitrat, Ammoniumsulfat und Schwefelsäure. Mit dem Staub lagert sich Salz und Feuchtigkeit an den Bauteilen ab. Dadurch wird die Anfälligkeit für Rost oder Schimmel erhöht. Lüfter mit Ventilatoren zur Kühlung von Prozessoren ziehen den Staub in das Gehäuse des Rechners.
- Zerfall der Batterien: Leckende Batterien können das Innenleben eines Rechners zerstören. Batterien sind Behälter bestehend aus Metall und

---

25 s. Rothenberg (1998), a.a.O.

26 Gibson, Mark A. (2006): *The conservation of computers and other high-tech artifacts . Unique problems and long-term solutions*. Thesis M.A. San Francisco : San Francisco State University

Metalloxid, eingetaucht in eine Flüssigkeit oder ein Gel aus Elektrolyten. Batterien sind sehr anfällig für Rost. Bei extrem unsachgemäßer Behandlung können sie sogar explodieren. Austretende Elektrolyte können Schaltkreise zersetzen.

- Korrosion: Metall ist ein häufiger Werkstoff in elektronischen Geräten. Metall wird vor allem für das Gehäuse sowie für Klammern, Schrauben und Federn verwendet.
- Beschädigte Kondensatoren: Ähnlich wie bei einer Batterie ist ein Elektrolyt wesentlicher Bestandteil eines Kondensators. Der Elektrolyt kann eine Flüssigkeit, eine Paste oder ein Gel sein. Problematisch wird es, wenn der Elektrolyt austrocknet, da dann der Kondensator nicht mehr arbeitet. Trocknet der Elektrolyt nicht aus, kann der Kondensator lecken, so dass der Elektrolyt austritt und ähnlichen Schaden anrichtet, wie eine kaputte Batterie. Kondensatoren, die lange ungenutzt bleiben, können explodieren.
- Zerfall des Plastiks: Plastik löst sich über einen längeren Zeitraum hinweg auf. Der sogenannte Weichmacher, ein chemischer Stoff, der bei der Produktion beigemischt wird, tritt in milchartigen Tropfen aus dem Material aus. Bei bestimmten Plastiksorten riecht die austretende Feuchtigkeit nach Essig. Der Prozess beeinträchtigt auch die Haltbarkeit von anderen Materialien, die mit dem zerfallenden Plastik verbunden sind.
- Schimmel: Bei einigen Monitoren aus den siebziger und achtziger Jahren kann Schimmel an der Innenseite der Mattscheibe auftreten.

### **Stark gefährdete Geräte und Bauteile**

Von den oben genannten möglichen Schäden sind die folgenden Bauteile am häufigsten betroffen:

- Schaltkreise, die auf Dauer ausfallen.
- Kondensatoren, die ausfallen oder explodieren.
- Ausfall von batteriebetriebenen Speicherkarten und EPROMs, sowie damit einhergehender Datenverlust.
- Durch kaputte Gummirollen zerstörte Kartenleser und Magnetbandlaufwerke.
- Verstaubte und verschmutzte Kontakte.
- Gebrochene oder verloren gegangene Kabel.<sup>27</sup>

---

27 s. Dooijes (2000), a.a.O.



## **Gesundheitsschädliche Stoffe und Risiken**

Zu beachten ist, dass Restauratoren mit gesundheitsgefährdenden Stoffen am Arbeitsplatz in Kontakt kommen können. Welche Stoffe in Frage kommen, hängt vom Alter und der Bauart der Hardware ab. Dokumentiert ist das Auftreten von:

- Quecksilber
- Blei (auch bleihaltige Farbe)
- Polychloriertem Biphenyl (PCB)
- Thorium und anderen radioaktiven Substanzen
- Asbest
- Cadmium

Besondere Vorsicht ist beim Umgang mit Batterien (vor allem defekten, leckenden Batterien) und Kondensatoren geboten. Abgesehen davon, dass Kondensatoren oft gesundheitsgefährdende Stoffe enthalten, können sie auch in stillgelegtem Zustand über Jahre hin eine hohe elektrische Spannung aufrechterhalten. Wenn Kondensatoren nach längerer Zeit wieder unter Strom gesetzt werden, können sie explodieren.<sup>28</sup>

### **Empfehlung zur Lagerung und Restaurierung:**

Die Hardware sollte bei der Lagerung möglichst vor Licht geschützt werden. Ideal ist ein Helligkeitswert um 50 Lux. Fensterscheiben sollten die ultraviolette Strahlung herausfiltern. Dadurch wird der Zerfall von Plastik und Gummi verlangsamt. Ebenso ist eine möglichst niedrige Raumtemperatur, unter 20°C, sowie eine relative Luftfeuchtigkeit von unter 50% ratsam. Beides verlangsamt den Zerfall von Gummi und Plastik. Die niedrige Luftfeuchtigkeit verringert die Wahrscheinlichkeit von Korrosion. Vor der Inbetriebnahme eines Rechners sollte abgelagerter Staub durch vorsichtiges Absaugen entfernt werden. Dabei ist erhöhte Sorgfalt geboten, damit keine elektrostatische Energie die Schaltkreise beschädigt und keine wichtigen Teile mit eingesaugt werden. Mit einer zuvor geerdeten Pinzette können gröbere Staubknäuel beseitigt werden. Batterien sollten während der Lagerung möglichst aus der Hardware entfernt werden. Weitverbreitete Batterietypen sollten nicht gelagert werden. Wenn die Hardware in Betrieb genommen wird, werden frische Batterien des betreffenden Typs eingesetzt. Seltene, obsolete Batterietypen sollten separat gelagert werden. Alle genannten Maßnahmen können den Zerfall der Hardware jedoch

---

<sup>28</sup> s. Gibson (2006), a.a.O.

nur verlangsamen. Aufzuhalten ist er nicht. Defekte Bauteile werden oft durch das Ausschichten von Hardware gleicher Bauart ersetzt. Dabei werden alle intakten Teile zu einer funktionierenden Hardwareeinheit zusammengefügt. Natürlich stößt dieses Verfahren irgendwann an seine Grenzen.

Bereits eingetretene Schäden sollten durch Restaurierungsarbeiten abgemildert werden. Auslaufende Flüssigkeiten aus Kondensatoren oder Batterien sollte man umgehend mit Isopropanol-Lösung entfernen.

## **Dokumentation**

Ein Computermuseum kommt natürlich um die korrekte Verzeichnung seiner Artefakte (Hardware und Software) nicht herum. Zusätzlich werden Informationen über den Betrieb, die Bedienung und die verwendete Technik der Hardware und Software benötigt. Des Weiteren sollten Informationen über den Erhaltungszustand und potentiell anfällige Bauteile der Hardware erhoben und gesammelt werden. Wie bei anderen Erhaltungsstrategien fallen auch hier Metadaten an, die gespeichert und erschlossen werden wollen. Schon bei der Aufnahme eines obsoleten Systems in das Archiv sollte darauf geachtet werden, dass die notwendigen Zusatzinformationen verfügbar sind (z.B. Betriebshandbücher über die Hardware/Software, technische Beschreibungen und Zeichnungen usw.). Da diese Informationen bei älteren Systemen meistens nur in gedruckter Form vorliegen, sollte auch hier Raum für die Lagerung mit einkalkuliert oder eine Digitalisierung der Informationen erwogen werden.<sup>29</sup>

## **Beispieldaten des Computerspiele Museums Berlin**

Die Softwaresammlung umfasst zurzeit 12.000 Titel über eine Zeitspanne von 1972 bis heute. Die Software wird getrennt von der Hardware in normalen Büroräumen gelagert und hat einen Platzbedarf von ca. 70 qm.

In der Hardwaresammlung des Computerspiele Museums befinden sich augenblicklich 2180 Sammlungsstücke. Sie sind in einer Datenbank inklusive Foto erfasst und inventarisiert. Die Sammlung besteht aus Videospielautomaten, Videospiele Konsolen, Heimcomputern, Handhelds, technischen Zusatzteilen (Laufwerke, Controller, Monitore etc.). Des Weiteren besitzt das Museum eine umfangreiche Sammlung gedruckter Informationen wie Computerspiele, Magazine und Handbücher. Diese sind in einer gesonderten Datenbank erfasst. Die Hardwaresammlung ist auf ca. 200 qm an der Peripherie Berlins untergebracht. Der Hauptgrund dafür ist die günstigere

---

29 s. Dooijes (2000), a.a.O.

Miete für die Räume, als das in zentralerer Lage möglich wäre. Die Räume sind beheizbar und entsprechen größtenteils ebenfalls Bürostandard.<sup>30</sup>

---

30 Daten stammen von Herrn Andreas Lange, Kurator des Computerspielmuseums Berlin (2006)