



GWGD-Bericht Nr. 76

Wolfgang Assmann,  
Christa Hausmann-Jamin,  
Frank Malisius (Hrsg.)

**26. DV-Treffen der  
Max-Planck-Institute**

**22. - 24. September 2009  
in Berlin**

Wolfgang Assmann,  
Christa Hausmann-Jamin,  
Frank Malisius (Hrsg.)

26. DV-Treffen der  
Max-Planck-Institute

22. - 24. September 2009  
in Berlin



Wolfgang Assmann,  
Christa Hausmann-Jamin,  
Frank Malisius (Hrsg.)

## 26. DV-Treffen der Max-Planck-Institute

**22. - 24. September 2009  
in Berlin**

GWDG-Bericht Nr. 76

Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen

© 2010

*Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen*

*Am Faßberg 11*

*D-37077 Göttingen*

*Telefon: 0551 201-1510*

*Telefax: 0551 201-2150*

*E-Mail: [gwdg@gwdg.de](mailto:gwdg@gwdg.de)*

*Satz: Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen*

*Druck: Goltze Druck, Göttingen*

*ISSN 0176-2516*

---

---

## **Inhalt**

Vorwort	1
Mandantenfähiges IP-Adressmanagement der GWDG <i>Holger Beck</i>	3
Spam-Filterung für die MPG <i>Bodo Gelbe</i>	11
Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregularien <i>Annette Hoppe</i>	17
SOAP – universelles Kommunikationsprotokoll für alle Anwendungsfälle? <i>Heinz Junkes</i>	33

3D-Scans von Keilschrifttafeln – ein Werkstattbericht  
*Jörg Kantel, Peter Damerow, Sarah Köhler,*  
*Christina Tsouparopoulou* 41

GSM – OpenBTS & Co.: Mobilfunknachbau leicht gemacht  
– Sicherheitserwägungen  
*Dirk von Suchodoletz* 63

---

---

## Vorwort

Let's communicate! Unter diesem Motto und mit diesem Schwerpunktthema kamen vom 22. bis 24. September 2009 Vertreter aus den Max-Planck-Instituten und -einrichtungen zum 26. DV-Treffen der Max-Planck-Institute im Harnack-Haus in Berlin zusammen.

Let's communicate! Zeitpunkt, Ambiente, Strukturierung und Begleitprogramm unterstrichen die Absicht, Raum für die notwendige Stärkung von Zusammenarbeit und Kommunikation zu schaffen. Die Verlegung des DV-Treffens von seinem traditionellen Termin im Monat November in den klassischen Tagungsmonat September ermöglichte eine noch stärkere Konzentration auf die Thematik der Veranstaltung. Die Räumlichkeiten und angesichts sommerlichen Wetters auch der großzügige Garten des Harnack-Hauses erwiesen sich als geeignetes Ambiente, um entsprechend der Idee der Organisatoren für den Tagungsablauf auch in kleinem Kreis entspannt die Impulse des offiziellen Programms zu vertiefen, auf die konkreten Verhältnisse in den einzelnen Einrichtungen zu beziehen und weitergehende Fragen zu entwickeln. Auch das Begleitprogramm bot reichlich Gelegenheit, die persönliche Basis von Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den Tagungsteilnehmern zu stärken.

Erstmals wurde der Nutzwert des DV-Treffens auch dadurch erhöht, dass Vertreter relevanter IT-Anbieter wie HSD, IBM, Microsoft usw. im Rahmenprogramm für Gespräche über ihre aktuellen Produkte und künftigen Strategien zur Verfügung standen.

Let's communicate! Das offizielle Programm (siehe <http://26dvt.fhi-berlin.mpg.de/>) mit seinen Vorträgen und Workshops machte das Motto auch zum zentralen Thema des 26. DV-Treffens. Es reflektierte damit die gestiegenen Anforderungen an Kommunikation und ihre letztlich auch in der wissenschaftlichen IT zentrale Bedeutung. Die vielfältigen Bedingungen für eine erfolgreiche Kommunikation und Zusammenarbeit wurden ebenso beleuchtet, wie Mittel und Wege zur Schaffung und Sicherung produktiver Kommunikation vorgestellt. Das nächste DV-Treffen im Jahre 2010 wird uns zeigen, ob die Orientierung auf Kommunikation und Zusammenarbeit erfolgreich war und im betrieblichen Alltag Früchte getragen hat. Aber auch, dass Kommunikation und Zusammenarbeit eine immerwährende Herausforderung bleiben werden.

Der vorliegende Band enthält ausführliche Artikel zu einigen der gehaltenen Vorträge; die elektronischen Versionen der meisten Vorträge sind auch unter <http://26dvt.fhi-berlin.mpg.de/> unter dem Menüpunkt „Vortragsfolien“ verfügbar. Dass es auch Kommunikation mit anderen Institutionen gibt, zeigt sich darin, dass es sehr interessante Beiträge von Mitarbeitern der TU Berlin, Universität Freiburg, BTU Cottbus, des DFN-Vereins sowie des DFN-CERT gab.

Herzlich möchten wir uns bei den Teilnehmern und vor allem bei den Vortragenden für das rege Interesse an diesem 26. DV-Treffen bedanken. Ganz besondere Dank gebührt – last, but not least – Frau Voss und ihren Kolleginnen und Kollegen des GNZ sowie den Kolleginnen und Kollegen des MPI für Bildungsforschung und des MPI für Gravitationsphysik, die durch die ausgezeichnete lokale Organisation und durch viel Detailarbeit zum Gelingen der Tagung beigetragen haben. Ein nicht geringerer Dank geht an Herrn Otto von der GWDG für die Erstellung dieses Berichtes. Auch Frau Greber und Herrn Grieger, ebenfalls GWDG, danken wir herzlich für die Bereitstellung des Online-Anmeldeverfahrens.

Berlin, 10.08.2010

Wolfgang Assmann, Christa Hausmann-Jamin,  
Frank Malisius

---

---

# Mandantenfähiges IP-Adressmanagement der GWDG

**Holger Beck**

*Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen*

## **1. Zielsetzungen**

Die GWDG verwaltet für die Universität Göttingen, die Göttinger Max-Planck-Institute, die GWDG selbst und andere am Göttinger Übertragungsnetz GÖNET angeschlossene Einrichtungen das Netz und die dort verwendeten Internetadressen (IP-Adressen) und Internetdomänen sowie die dafür benötigten Dienste, insbesondere den Domain Name Service (DNS) und DHCP-Server (Dynamic Host Configuration Protocol). Für die Max-Planck-Gesellschaft insgesamt verwaltet die GWDG darüber hinaus weitere Internetdomänen und teilweise auch Adressbereiche.

Bis 2008 wurden diese Aufgaben mit gewachsenen Strukturen verwaltet, die mit der zunehmenden Bedeutung und Nutzung der lokalen Netze und des Internets den Anforderungen immer weniger gerecht wurden. Daher sollte ein neues IP-Adressmanagement-System (IPAM-System) für das GÖNET und darüber hinaus eingeführt werden. Die GWDG hat sich nach einer ersten Marktüberprüfung frühzeitig dafür entschieden, hierfür ein kommerzielles System einzusetzen und keine Eigenentwicklung zu betreiben.

## **1.1 Ersatz von schriftlichen Verfahren zur IP-Adressvergabe im GÖNET**

Die Vergabe von IP-Adressen im GÖNET und damit verbunden die von DNS-Namen erfolgte viele Jahre über ein schriftliches Antragsverfahren. Mit diesem „Antrag auf Datennetzanschluss eines Endgeräts“ verbunden war gleichzeitig die Anerkennung der Nutzungsbedingungen und -ordnungen im GÖNET. Nachdem alle anderen schriftlichen Antragsverfahren der GWDG auf elektronische Verfahren umgestellt worden waren, sollte auch für die Beantragung des Netzzugangs eine Alternative zum schriftlichen Verfahren angeboten werden.

## **1.2 Delegation der Verwaltung von Adressvergabe, DNS- und DHCP-Eintragungen an lokale Administratoren**

Mit der Umstellung auf ein elektronisches Verfahren sollte die Verwaltung von Adressen stärker an lokale Administratoren in dem am GÖNET angeschlossenen Einrichtungen delegiert werden. Den lokalen Administratoren sollten jeweils Adress- und Namensräume zur Verfügung gestellt werden, deren Verwaltung dann von ihnen autonom wahrgenommen werden sollte.

Bei der Auswahl eines Systems war zu berücksichtigen, dass als lokale Administratoren in den Einrichtungen nur zum Teil geschultes IT-Personal zum Einsatz kommen konnte. Einige Einrichtungen verfügen nicht über solches Personal, sodass solche Aufgaben zum Teil von Sekretariaten und Personal in der allgemeinen Verwaltung übernommen werden mussten und müssen.

## **1.3 Integration des Active Directory in das IPAM**

Zum gewachsenen IP-Adressverwaltungssystem der GWDG gehörte auch die Aufteilung von DNS- und DHCP-Diensten in ein allgemeines System von DNS- und DHCP-Servern und ein System aus eigenen DNS- und DHCP-Servern innerhalb des Microsoft Active Directory der GWDG. Diese Aufteilung war bei der Einführung des Active Directory aus technischen und organisatorischen Gründen notwendig. Eine klare Trennung der Zuständigkeitsbereiche beider DNS- und DHCP-Systeme war aber nicht immer möglich, sodass die Dienste in Teilbereichen nur in unbefriedigender Weise bereitgestellt werden konnten.

Das neue IP-Adressmanagement-System sollte daher eine Reintegration der beiden Systeme ermöglichen. Dazu musste das System den speziellen Anforderungen eines Microsoft Active Directory genügen und insbesondere in geeigneter Weise dynamische DNS-Einträge unterstützen.

## **1.4 Ausweitung von DHCP in der Universität**

Die Konfiguration der Netzwerkadressen und damit zusammenhängender Parameter für Endgeräte in der Universität Göttingen und in anderen Teilen des GÖNET erfolgte bisher meist statisch und manuell. DHCP-Dienste wurden nicht GÖNET-weit angeboten, da mit einer vollständig dynamischen Adressvergabe die Übersicht über die am GÖNET angeschlossenen Geräte gänzlich verloren gegangen wäre und eine Behandlung von Betriebs- und Sicherheitsproblemen kaum noch möglich gewesen wäre. Für eine Vergabe von Adressen per DHCP-Reservierung, die das Problem der Nachvollziehbarkeit der Netzanschlüsse gelöst hätte, waren Infrastruktur und Prozeduren der bisherigen Adressvergabe nicht geeignet.

Das neue System sollte es erlauben, den Einsatz von DHCP auszuweiten, indem die Verwaltung von Reservierungen an die lokalen Administratoren delegiert werden kann.

## **2. Produktauswahl**

### **2.1 Betrachtete Produkte**

Bei der Systemauswahl wurden Produkte mehrerer Hersteller untersucht.

*VitalQIP* von Alcatel-Lucent ist schon sehr lange am Markt. Es ist ein sehr umfangreiches, dadurch aber auch sehr komplex erscheinendes System. VitalQIP ist eine reine Softwarelösung. Die Lizenzierung erfolgt auf Basis verwalteter IP-Adressen.

*IPControl*, mittlerweile von der British Telecom (BT) vertrieben, kann als reine Softwarelösung betrieben werden oder mit von BT gelieferten Appliances umgesetzt werden. Auch hier erfolgt die Lizenzierung auf Basis verwalteter IP-Adressen.

*Men & Mice* von dem gleichnamigen isländischen Hersteller ist eine Softwarelösung, die mit zentralen Datenbanken und Agenten auf vorhandenen DNS- und DHCP-Servern arbeitet. Wiederum erfolgt die Lizenzierung auf Basis verwalteter IP-Adressen.

*Infoblox* bietet eine reine Appliance-Lösung. Es werden verschiedene Appliances in unterschiedlicher Leistungsfähigkeit, aber im Wesentlichen mit gleicher Funktionalität angeboten. Die Appliances erledigen die Adressverwaltung in einer Datenbank und über Webschnittstellen und stellen gleichzeitig die DNS- und DHCP-Dienste bereit. Kosten entstehen hier pro Gerät.

*Nixu NameSurfer* von der finnischen Firma Nixu ist eine Softwarelösung. Appliances können aber in Form von vorkonfigurierten VMware-Images bereitgestellt werden. Die Lizenzierung erfolgt auf Basis verwalteter IP-Adressen.

Die Lösung von *Bluecat Networks* besteht aus zwei Arten von Appliances, *Proteus* für die Adressverwaltung in Datenbanken und über Webschnittstellen, *Adonis* für die Bereitstellung der DNS- und DHCP-Dienste. Neben der Appliance-Lösung als Hardware bietet Bluecat auch Appliances als VMware-Images an. Kosten entstehen hier pro Gerät.

## **2.2 Entscheidungskriterien**

Als Entscheidungskriterien für eines der Systeme der GWDG wurden berücksichtigt:

- Kosten/Lizenzmodell

In Anbetracht des Netzwerkwachstums allgemein und im Hinblick auf eine potenzielle Ausweitung der Dienste in Richtung der Max-Planck-Gesellschaft hat sich die GWDG gegen ein Lizenzmodell entschieden, bei dem die Lizenzierung auf Basis der verwalteten IP-Adressen erfolgt. Die Kosten der Produkte, die diese Lizenzmodelle einsetzen, sind auf Dauer schwer kalkulierbar und auch sonst meist recht hoch (mit Ausnahme von Nix NameSurfer, wo schon für relativ moderate Kosten eine volumenunabhängige Lizenz verfügbar gewesen wäre).

- Appliance

Die GWDG hat sich prinzipiell für den Einsatz von Komplettlösungen in Form von Appliances entschieden.

- Benutzeroberfläche für Nutzer in Instituten

Ein sehr wesentliches Auswahlkriterium war eine auch für wenig technisch vorgebildete Anwender nutzbare Benutzeroberfläche.

## **2.3 Auswahlentscheidung**

In die engere Auswahl für die IPAM-Lösung kamen aufgrund der obigen Kriterien die Lösungen von Bluecat, Infoblox und Nixu. Nixu NameSurfer fehlten im Detail zum Zeitpunkt der Entscheidung einzelne benötigte Funktionalitäten. Bei der Entscheidung zwischen Bluecat und Infoblox spielte das für die Zwecke der GWDG besser geeignete Benutzerinterface das wesentliche Kriterium zugunsten der Bluecat-Lösung.

### **3. Eigenschaften des BlueCat-Systems**

Wie schon oben erwähnt, verwendet das Bluecat-System zwei Arten von Appliances. Die Proteus-Appliance stellt die IPAM-Datenbank und das Webinterface bereit. Diese System wird nur einmal benötigt. Das Proteus-System verwaltet die Adonis-Appliances, die DNS-, DHCP-, TFTP- und NTP-Dienste zur Verfügung stellen. Daten für diese Dienste werden vom Proteus-System bereitgestellt und auf die Adonis-Appliances zeitgesteuert oder auf interaktive Anweisung verteilt.

Beide Appliances sind gehärtete Debian-Linux-Systeme mit Standardkomponenten für die Dienste (ISC-Bind/DHCP, PostGre-Datenbank). Der Zugriff auf Betriebssystemebene ist für Administratoren per SSH oder über eine Konsole möglich.

Je zwei Adonis-Appliances (gleichen Modells) können als HA-Cluster (active/passive) betrieben werden. Auch das Proteus-System kann redundant ausgelegt werden. Hier ist allerdings kein automatischer Failover vorgesehen. Die jeweiligen Systeme synchronisieren sich im laufenden Betrieb lediglich. Da Proteus nur zur Verwaltung der Daten benötigt wird und keine essentiellen Dienste wie DNS und DHCP bereitstellt, ist diese Form der Redundanz als ausreichend anzusehen.

Die Bluecat-Lösung verwaltet direkt keine DNS- oder DHCP-Server außer den eigenen BlueCat-Appliances. Fremde Server können als DNS-Slave-Server aufgeführt werden. Die Konfiguration solcher Server muss aber konventionell außerhalb des Systems erfolgen.

#### **3.1 Datenbankstruktur**

Das Proteus-System implementiert auf einer relationalen PostGreSQL-Datenbank eine objektorientierte, hierarchische Struktur der Daten. Dadurch ist die Vererbung von Rechten und Eigenschaften entlang der Hierarchie möglich und wird, wenn nicht anders konfiguriert, auch so genutzt. Innerhalb von DNS-Hierarchien werden z. B. die DNS-Server-Rollen vererbt, in Netzwerken werden z. B. DHCP-Optionen von Netz zu Subnetzen zu DHCP-Range zu IP-Adressen vererbt. Die Vererbung kann dabei an jeder Stufe überschrieben werden.

Zugriffsrechte können sehr detailliert für alle Objekte in der Datenbank definiert werden. Im DNS-Raum kann bis zu bestimmten Record-Typen spezifiziert werden, ob ein Benutzer solche Objekte sehen, ändern und einfügen kann oder vollen Zugriff erhält.

Problematisch ist dabei nur, dass ein Objekt in der Datenbank vorhanden sein muss, bevor ein Recht definiert werden kann. Das wird dann relevant, wenn ein Benutzer nur auf einen kleinen Adressbereich und nicht ein ganzes Netz Zugriff erhalten soll. Damit das realisiert werden kann, muss jede Adresse in diesem Bereich in der Datenbank vorhanden sein. Das Problem wurde für das GÖNET gelöst, indem die Rechtevergabe über ein API-Interface als Perl-Skript erfolgt, wobei das Skript ggf. nicht vorhandene Adressen automatisch generiert und dann die Rechte zuweist.

Für alle Typen von Objekten in der Datenbank können beliebig viele Attribute („Custom fields“) definiert werden (z. B. für Ansprechpartner, Aufstellungsorte und Seriennummern). Attribute können verschiedenen Datentypen haben (z. B. Text, Datum, Zahl und IP-Adresse). Attribute können als mandatory definiert werden. Attributen können Vorgabewerte in Form von Auswahllisten mitgegeben werden.

### **3.2 Zugriff über Web-GUI**

Der Zugriff der Nutzer erfolgt über ein reines Web-GUI. Es besteht daher keine Abhängigkeit von installierten Java-Versionen wie bei anderen Lösungen, die mit Java-Programmen arbeiten und dadurch Kompatibilitätsprobleme verursachen können.

Das Web-GUI ist übersichtlich strukturiert und zeigt Benutzern mit eingeschränkten Rechten im Wesentlichen nur die Bereiche an, die für Sie nutzbar sind. Das Web-GUI ist daher auch von Anwendern ohne große technische Vorkenntnisse nutzbar. Dieses war ein wesentliches Kriterium bei der Systemauswahl, da in der Universität Adressverwaltungsaufgaben häufig von Verwaltungspersonal und nicht-technischem Personal wahrgenommen werden.

## **4. Status**

Der Ablauf von Lieferung und Installation ist leider keine Erfolgsgeschichte. Das Problem lag hier im Wesentlichen bei einem Lieferanten mit sehr wenig Erfahrung mit dem Bluecat-System.

Die Ausschreibung des Systems erfolgte im August 2008 gemeinsam mit der Universitätsmedizin Göttingen (UMG). Die Ausschreibung war dabei in zwei Lose geteilt. Für die GWDG wurden eine IPAM-Appliance Proteus 2150 und fünf DNS/DHCP-Appliances Adonis XMB (oder gleichwertige Systeme) ausgeschrieben. Die Vergabe erfolgte im September 2008.

Im Oktober 2008 fand eine allgemeine Vorbesprechung für beide Lose mit dem Lieferanten und dem Hersteller (der wegen der geringen Erfahrung des Lieferanten eingebunden wurde) statt. Ein erster Installationsversuch in der UMG folgte im November 2008.

Die Vorbesprechung der GWDG-Installation fand im Dezember 2008 statt, eine Basisinstallation bei der GWDG im Januar 2009, eine Inbetriebnahme als DNS-Server Ende Januar 2009.

Anfang Februar 2009 wurde das System als DNS-Server wieder außer Betrieb genommen, weil es zu erheblichen Problemen durch sehr schlechte Antwortzeiten der DNS-Server kam. Der Hersteller führte die Probleme auf einen zu hohen Anteil rekursiver Anfragen bei den DNS-Servern zurück.

Im März 2009 folgte eine Testinstallation von je einem Paar Adonis 1000 bzw. Adonis 750 (leistungsfähigeren Modellen als die Adonis XMB) und die Wiederinbetriebnahme als DNS-Server (außer für die Zonen im Active Directory der GWDG).

Eine Einigung über den Austausch der Systeme und die entsprechenden Konditionen wurde im April 2009 erreicht. Dabei wurde vereinbart, zwei Adonis XMB durch Adonis 1000, zwei Adonis XMB durch virtuelle Adonis-Appliances (auf dem ESX-Cluster der GWDG) und den Proteus 2150 durch einen virtuellen Proteus zu ersetzen. Der Austausch erfolgte erst im Juni 2009, weil sich die vertragliche Umsetzung als komplizierter als erwartet herausgestellt hatte.

Die Inbetriebnahme als DHCP-Server gelang im Juli 2009, die Erstellung des Rechteschemas im August 2009.

Zum Zeitpunkt des Vortrags im September 2009 fehlte noch die Active-Directory-Integration. Für die Aufnahme des allgemeinen Benutzerbetriebs wurde zudem noch auf ein Update auf eine neue Version gewartet, da in der neuen Version deutliche Änderungen am Design der Web-GUI angekündigt waren und daher eine Einführung in den Benutzerbetrieb mit der alten Version nicht sinnvoll erschien.

Die Konfiguration des Systems besteht seit Juni 2009 aus

- 1 virtueller Proteus
- 2 Adonis 1000 als Cluster für DNS/DHCP-Master
- 2 virtuelle Adonis als Cluster für DNS-Slave
- 1 Adonis XMB als externer DNS-Slave

## **5. Möglichkeiten und Online-Demo**

Zum Abschluss des Vortrags erfolgte eine Online-Vorführung des Systems. Vorgeführt wurden:

- Hauptaufgaben
  - Verwaltung von Adressen
  - Dokumentation von frei definierbaren Attributen
  - Verwaltung von DNS-Einträgen
- DNS-Server-/DNS-Zonen-Verwaltung
- Rechteverwaltung

---

---

# Spam-Filterung für die MPG

**Bodo Gelbe**

*Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen*

## 1. Einleitung

Die GWDG bietet seit mehreren Jahren einen Spam-Filterungsdienst auch für Max-Planck-Institute an, deren Postfächer sich nicht auf einem Server der GWDG befinden. Eingehende E-Mail wird nach der Bewertung an einen Server des Instituts geleitet, auf dem sich die Postfächer befinden.

## 2. Systemkomponenten

Das System basiert im Wesentlichen auf freier Software, komplettiert durch einen Sophos-Virenschanner und hat folgenden Aufbau:

- Steuerung durch die Mailer-Software Exim
- Blacklisting: optional E-Mail von gelisteten IP-Adressen abweisen
- Virenschann durch Sophos und ClamAV; virenbehaftete E-Mail wird während des Empfangs abgewiesen.
- Greylisting: E-Mail einer Sender/Empfänger-Kombination wird zunächst mit einem temporären Fehler abgewiesen; die Kombination in einer

Datenbank vermerkt (30 Tage) und beim nächsten Versuch die E-Mail akzeptiert.

- Spam-Bewertung durch SpamAssassin: Bayes-Filter; DCC (Distributed Checksum Clearinghouse) verteilter Prüfsummenfilter, der massenhaften Empfang dieses E-Mail-Inhalts feststellt (mit eigenem Server); Blacklists (sendende Rechner und URLs im Body); vergibt einen Spam-Level zwischen 0 und 60, der in einer speziellen Header-Information vermerkt wird.

### **3. Erfahrungen und Systemerweiterung**

Das System funktioniert gut, allerdings ist zunehmend festzustellen, dass Greylisting inzwischen von den Spammern unterlaufen wird, gute Blacklists nur noch schwer zu finden sind (und inzwischen auch bezahlt werden müssen), und insbesondere der Pflegeaufwand doch recht hoch ist.

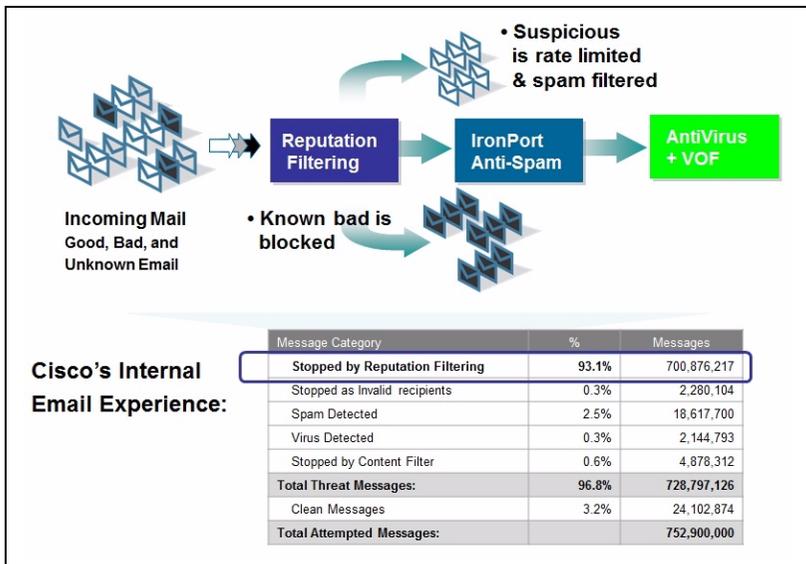
Es wurde daher begonnen, sich nach einer Alternative umzusehen. Neben einer Lösung durch eigenständige Systeme wurde auch die Auslagerung an externe Dienstleister betrachtet. Ein Problem bei einer Auslagerung ist natürlich, dass das komplette E-Mail-Profil und die Inhalte in fremden Händen landen. Bei einer Lösung durch eigenständige Systeme wurde aufgrund der eigenen Erfahrungen Blacklisting (oder eine ähnliche Lösung) zur Reduzierung angenommener E-Mail gewünscht.

Die Entscheidung fiel letztlich für eine eigenständige Appliance der Firma IronPort, die Ende 2006 und 2008 vor Ort ausführlich getestet wurde. Die Lösung wurde im Oktober 2008 im BAR vorgestellt und erhielt von dort die Empfehlung, sie als zentrale Lösung zu beschaffen und zu nutzen. Anschließend wurden durch die GV zwei Systeme IronPort C650 beschafft und bei der GWDG installiert.

Es handelt sich um die Kombination einer hardware-basierten Lösung mit einer Software-Lösung, bei der eingehende E-Mail vor Auslieferung in die Postfächer hinsichtlich Spam überprüft wird. Eine der Säulen ist die Sender-Base, eine dynamisch verwaltete und aktualisierte Datenbank mit der Reputation aller Mailserver, also im weitesten Sinne etwas wie die früheren „Black Lists“, die dazu benutzt wird, den Zugang von Systemen mit einer schlechten Reputation abzuweisen. Die Entscheidung wird anhand der einliefernden IP-Adresse getroffen und verhindert den Zugang von über 90 % aller Spam-Zustellversuche.

Angenommene E-Mail wird durch Virens Scanner geschleust, im Einsatz sind solche von McAfee und Sophos. Virenbehaftete E-Mail wird in eine Quaran-

täne gestellt und der Empfänger erhält eine Nachricht mit Informationen über die verseuchte E-Mail. In der Quarantäne befindliche Nachrichten werden nach 30 Tagen automatisch gelöscht. Die Virenscanner können mit einem sogenannten Virus-Outbreak-Filter kombiniert werden, der verdächtige E-Mail für einige Stunden aufhält und so die Zeit vom Auftreten eines neuen Virus bis zur Lieferung von Signaturen durch die Hersteller überbrückt. Die Konfiguration des Filters erfolgt durch automatische Updates vom Operations-Center des Herstellers, das permanent die Gefährdungslage überwacht.



**Abb. 1: Multi-layered-Ansatz und Kontrollfluss**

Vor der Auslieferung erhält jede E-Mail eine Kennzeichnung, die den Spam-Status klassifiziert:

- als Spam erkannt
- vermutlich Spam

Die Kennzeichnung erfolgt durch Einträge im Mailheader, die zu denen vom alten System mit SpamAssassin erzeugten kompatibel gehalten werden konnten. Für den Endbenutzer entfiel dadurch die Notwendigkeit, bestehende Filterregeln zu ändern.

Es wurden zwei identische Systeme beschafft, die unabhängig voneinander operieren, aber zu einem Cluster zusammengefasst werden, um das Manage-

ment zu erleichtern. Redundanz wird durch den Eintrag von zwei MX-Records im DNS erreicht, die für eine Domäne jeweils auf beide Systeme zeigen. Eine Leistungssteigerung ist durch Einsatz weiterer Systeme und zusätzlichen Eintrag entsprechender MX-Records einfach möglich.

Die Systeme sind individuell einstellbar, allerdings in der gekauften Version nicht mandantenfähig, d. h. werden ausschließlich durch die GWDG betrieben:

- Reputationsfilter -> Werte bei denen geblockt bzw. Durchsatzbremsen gesetzt werden.
- Sender (IP-Adressen/Domänen), bei denen der Reputationsfilter nicht angewendet oder z. B. die Anti-Spam-Engine nicht durchlaufen wird.
- Anti-Spam-Policy (Ausliefern/Löschen/Quarantäne, Header-Erzeugung)
- Anti-Virus-Policy (Ausliefern/Löschen/Quarantäne, Header-Erzeugung, Benachrichtigung von Empfänger/Sender)
- Content-Filter
- Virus-Outbreak-Filter (An/Aus)

Der Wirkungsgrad ist sehr gut, es gab bisher keine Beschwerden über zu viele Spam-E-Mails. Für die von uns betreuten Postmaster-Adressen wurde der Wirkungsgrad durch den Einsatz der IronPort-Lösung deutlich erhöht, d. h. es kommt wesentlich weniger Spam durch.

Die Nutzungszahlen belegen die Wirksamkeit des Reputationsfilters, der über 90 % aller Verbindungsanforderungen abblockt:

	<b>06/2009</b>	<b>07/2009</b>	<b>08/2009</b>
Verbindungsanforderungen	3.470.826	6.791.508	5.986.130
Akzeptierte E-Mails	205.098	236.294	192.793
Spam	20.812	31.370	25.828
Virus	36	15	6

Die in einer Domäne legalen E-Mail-Adressen müssen per LDAP-Query abrufbar sein. Sie können über einen Meta-Directory-Connector importiert und permanent synchronisiert oder über ein Penrose Virtual Directory abge-

rufen werden. Dabei wird der Import favorisiert, da in diesem Fall ein möglicher Ausfall der Datenquelle überbrückt werden kann.

#### **4. Fazit**

Als Fazit noch einmal eine Aufzählung der Vor- und Nachteile:

- + Systeme arbeiten eigenständig; Eingriffe nur beim Hinzufügen neuer Domänen/IP-Adressen notwendig.
- + Die Systeme arbeiten unabhängig voneinander (kein kompliziertes Fail-over, Redundanz/Leistungssteigerung durch Aufstellung weiterer Systeme und Eintrag von zusätzlichen MX-Records im DNS) und sind als Cluster zusammengefasst (vereinfachtes Management).
- + keine Änderungen für den Endnutzer bzw. dessen bestehende Filterregeln (Erzeugen kompatibler Header-Informationen war möglich)
- kein Virensan während der SMTP-Session



# Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregulieren

Annette Hoppe

Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/Arbeitspsychologie, Brandenburgische Technische Universität Cottbus

> Einleitung ▶ Technik > Mensch > Technikstress > Abschluss

Folie 2/18

## Eingrenzung

### Belastung

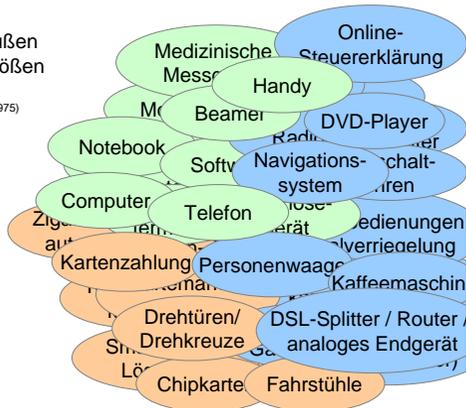
Belastungen sind objektive, von außen auf den Menschen einwirkende Größen und Faktoren.

(Rohmert und Rutenfranz, 1975)

### Psychische Belastung

Psychische Belastung ist die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken.

(DIN EN ISO 10075-1:2000)



Wir leben in einer multioptionalen Gegenwart. In immer kürzer werdenden Zeiteinheiten verändern neue Technologien unser Leben. Technische Entwicklungen und Produkte werden gern und oft auch vorurteilsfrei vom Verbraucher angenommen. Dadurch verändern wir aktiv unsere Umwelt, ohne es vordergründig in dieser Radikalität und Geschwindigkeit zu wollen. Sicherlich wäre es grundsätzlich falsch, diese Entwicklung pauschal abzulehnen. Viele positive Effekte würden damit nicht genutzt werden können. Dennoch gilt in Verantwortung von Wissenschaft und Forschung gerade in einer Euphoriephase diese Entwicklung kritisch zu hinterfragen. So gilt es neue Belastungen, die durch Technik entstehen können, zu identifizieren, zu analysieren und, wenn nötig, zu minimieren.

## Begriffe

### Stress

**Stress** ist ein Muster spezifischer und unspezifischer **Reaktionen** eines Organismus auf **Reizereignisse**, die sein **Gleichgewicht stören** und seine **Fähigkeiten zur Bewältigung strapazieren** oder **überschreiten**.

(Zimbardo, 1995)

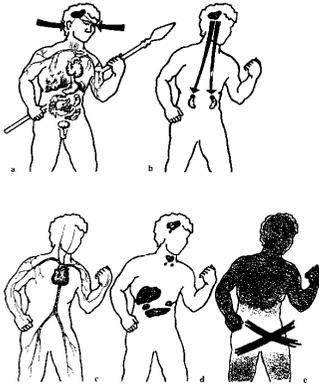
Stress kann Prozesse des Problemlösens, der Urteilsbildung und der Entscheidungsfindung stören:  
Die Wahrnehmung von Alternativen wird eingeschränkt, und statt kreativer Reaktionen tritt stereotypes, rigides Denken auf.

(Janis, 1982)

Psychische Belastungen lösen im Menschen psychische Beanspruchungen aus. So kann z. B. die Arbeit mit komplexer Technik unter bestimmten Voraussetzungen zu einer Beanspruchung führen, die dann in Form von Stress auftritt. Stress kann generell als ein „Druck“ aufgefasst werden, der sowohl positiv aktivierend, als auch negativ hemmend wirkt. Das bedeutet, dass Technik sowohl z. B. arbeitserleichternd und positiv herausfordernd, als auch überfordernd und demotivierend erlebt werden kann. In Extremfällen kann es zur Technikverweigerung und zu Angstzuständen kommen.

## Begriffe

### Fight-or-Flight-Verhalten



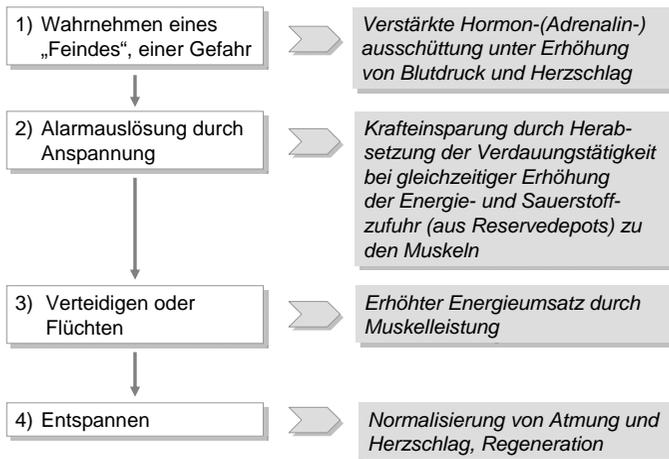
(Cannon, 1929)

- Informationen erreichen den Organismus und werden zum Zwischenhirn geleitet
- der sympathische Anteil des vegetativen Nervensystems regt die Nebenniere zur vermehrten Hormonproduktion an
- die Hormone Adrenalin und Noradrenalin versetzen das Herz-Kreislauf-System in Alarmzustand; Fett und Blutzucker werden aus den Depots freigesetzt
- über den langsameren Hormonweg sind inzwischen über die Verbindung Hypothalamus-Hypophyse weitere innersekretorische Drüsen umgeschaltet worden
- der gesamte Organismus orientiert auf die energieverbrauchende Leistungsphase bei gleichzeitiger Blockierung der Erholungsphase mit Einschränkung von Verdauungsprozessen, Sexualität usw.

Der Stressmechanismus läuft nach spezifischen Mustern im Organismus ab. Cannon hat die Reaktionen auf eine vom Menschen bedrohlich interpretierte Information als physiologischen Ablauf im Körper beschrieben. Er nennt es „Fight-or-Flight-Verhalten“, bei dem am Ende ein hoher Energieverbrauch und die Einschränkung von Körperfunktionen stehen.

## Begriffe

### Schematischer Stressablauf



Deshalb ist es unbedingt erforderlich, dass nach einer erhöhten Anspannung, wie sie in dem schematischen Stressablauf dargestellt wird, eine Erholungsphase zur Regeneration der körperlichen Energiereserven folgt. Diese Aktivierung, ausgelöst durch einen Reiz, kann durchaus als „normale“ körperliche Ablaufreaktion angesehen werden und ist zur Erbringung einer Leistung notwendig. Kritisch zu bewerten sind z. B. fehlende Entspannung, schnelle Folge von Reizeinflüssen, hohe, sehr lang andauernde Konzentrationsphasen, welche dann zu negativen Effekten, wie z. B. muskuläre Anspannung, Erholungsunfähigkeit, Nervosität bis hin zu Schlafstörungen führen kann.

## Theoretische Vorarbeiten

### Technik und Stressoren

#### 1. Stressoren aus der Arbeitsaufgabe

- zu hohe Anforderungen
- unvollständige partialisierte Aufgaben
- fehlende Eignung, mangelnde Berufserfahrung
- Zeit- und Termindruck
- Informationsüberlastung
- unklare Aufgabenübertragung, widersprüchliche Anweisungen

#### 3. Stressoren aus der materiellen Umgebung

- Umgebungseinflüsse: Lärm, mechanische Schwingungen, Klima, toxische Stoffe
- komplexe technische Systeme: Überforderung des menschlichen Denk- und Urteilsvermögens oder Überschreitung der Informationsaufnahme- und Verarbeitungskapazität

#### 5. Stressoren aus der Arbeitsplatzeinbindung

- Isolation (Einzelplatzarbeit)
- Dichte (Großraumbüro)

#### 2. Stressoren aus der Arbeitsrolle

- Verantwortung
- Konkurrenzverhalten unter Mitarbeitern
- fehlende Unterstützung und Hilfestellungen
- Enttäuschung, fehlende Anerkennung
- Konflikte mit Vorgesetzten

#### 4. Stressoren aus der sozialen Umgebung

- Betriebsklima
- Wechsel der Umgebung, der Mitarbeiter und des Aufgabenfeldes
- strukturelle Veränderungen im Unternehmen
- Informationsmangel

#### 6. Stressoren aus dem Personen-System

- Angst vor Aufgaben, Misserfolg, Tadel und Sanktionen
- ineffiziente Handlungsstile
- familiäre Konflikte

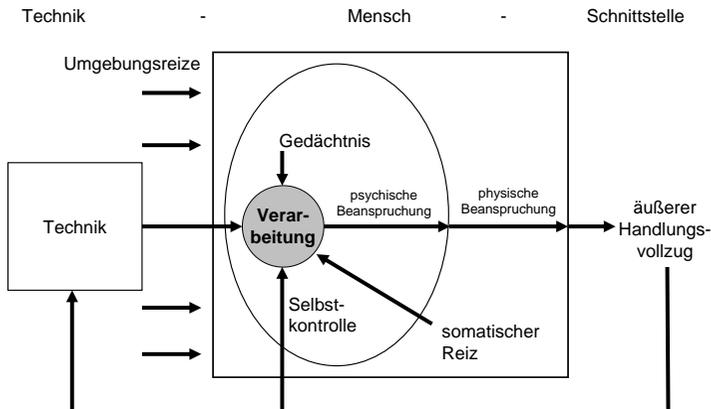
(Hoppe, 2009, nach Richter 2000)



Stressauslösende Reize werden als Stressoren bezeichnet. Betrachten wir in diesem Zusammenhang die Technik als Reiz, der auf den Menschen einwirkt, im Mensch-Maschine-System, dann kann Stress in unterschiedlichen Bereichen entstehen. Dabei ist nicht nur die direkte Nutzung von Technikstress auslösend. Z. B. Versagensängste, Verantwortungsdruck, mangelnde menschliche Kommunikation, Zeitdruck und anderes mehr können zu negativen Einstellungen und geringer Akzeptanz gegenüber der Arbeitstechnik führen. Diese Auswirkungen entstehen beim indirekten Umgang mit Technik und werden ebenfalls als Beanspruchung in Form von Technikstress bezeichnet.

## Begriffe

### Technikstressmodell Stufe 1 | Stufe 2 | Stufe 3



(Hoppe, 2009)



Fakultät 3 – Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

PD Dr. paed. Dr.-Ing. habil. Annette Hoppe

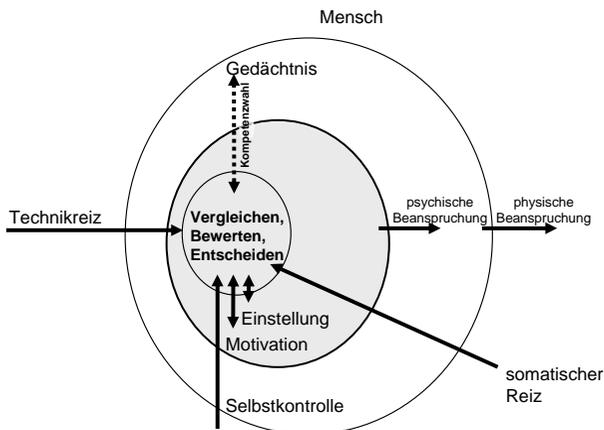
Berlin, 23.09.09

Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregularien

Die Stufe 1 des Technikstressmodells stellt die ankommenden und auf den Menschen einwirkenden Reize (Umgebungsreize) dar, wobei die Technik (direkt z. B. Nutzung oder indirekt z. B. Einstellung) als bevorzugt zu betrachtender Reiz dargestellt ist. Weitere Reizeinflüsse, die zur Verarbeitung wahrgenommen werden, sind mit Pfeilen gekennzeichnet. Das sind somatische Reize (wie z. B. Hunger, Schmerzen, Berührungsempfindungen, ...), Gedächtnisreize (wie z. B. Angst, Kenntnisse, Erfahrungen, Erinnerungen, ...) und Reize der Selbstkontrolle (wie z. B. Handlungsvollzüge, Bewertung der eigenen Person im sozialen Kontext der Situation, ...). Diese unterschiedlichen Reizgruppen werden verarbeitet und ein Reiz wird ausgewählt. Im Fall von Technikstress entstehen dabei psychische Reaktionsmuster in Form von psychischen Beanspruchungen und physische Reaktionsmuster in Form von physischen Beanspruchungen. Der sichtbare äußere Handlungsvollzug wird von der Selbstkontrolle bewertet und wirkt als Arbeitshandlung auf die Technik zurück. Die Reaktion der Technik ist dann wiederum als Reiz von außen aufgeführt.

## Begriffe

### Technikstressmodell Stufe 1 | Stufe 2 | Stufe 3

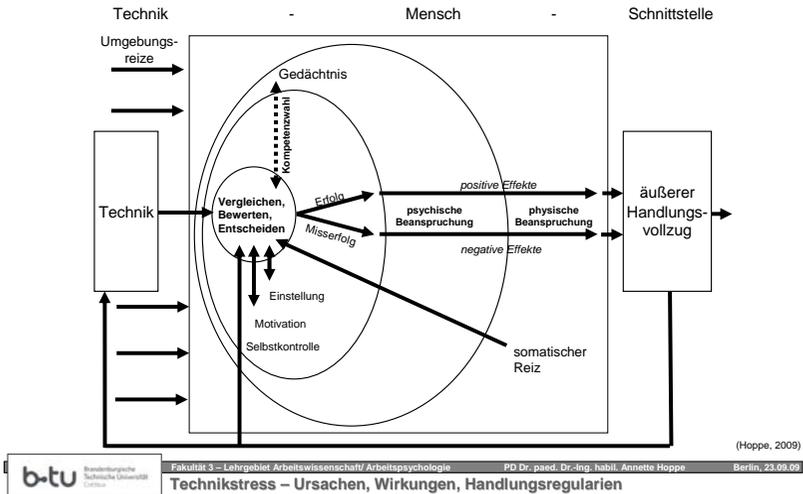


(Hoppe, 2009)

Die Stufe 2 des Technikstressmodells soll eine Teilbetrachtung des inneren Prozesses zur Erklärung von Technikstress darstellen. In der Darstellung werden die Gedächtnisreize betrachtet, die mit der Kompetenzabfrage und der Kompetenzwahl im direkten Umgang von Bedeutung sind, aber auch die Reize, die mit der Einstellung und der Motivation zur Technik in Beziehung stehen. Aktuelle somatische Reize, Gedächtnisreize, Motivation und Einstellung haben einen Einfluss auf die Entstehung von Technikstress. Sie führen in der Verarbeitung mit dem Reiz, der von der Technik selbst ausgeht, zur Antizipation (Vorwegnahme) eines möglichen Erfolgs oder Misserfolgs eines Handlungsziels. Nach der Bewertung durch die Selbstkontrolle entsteht bei Erfolg oder Misserfolg eine Wirkung auf die Motivation und die Einstellung und eine Bestätigung oder Korrektur wird vorgenommen. Prozesse des Vergleichens, Bewertens und des Entscheidens wirken sowohl auf die Kompetenzwahl als auch auf die Bestätigung oder Korrektur der Kompetenzprogramme.

## Begriffe

### Technikstressmodell Stufe 1 | Stufe 2 | Stufe 3



Die Stufe 3 des Technikstressmodells stellt den gesamten komplexen Prozess der Entstehung von Technikstress dar. Es ist eine Verbindung von Stufe 1 und Stufe 2. Zusätzlich werden positive und negative Vorwegnahmen der Zielerreichung und die Bewertung der Handlungserfolge oder -misserfolge in die modellhafte Darstellung aufgenommen. Die dabei entstehenden psychischen und physischen Beanspruchungen sind in dieser Stufe positiv wirkend als positive Effekte und negativ wirkend als negative Effekte benannt.

## Begriffe

### Technikstress

Technikstress ist eine **spezielle Form von Stress**, ein spezifisches oder unspezifisches **Reaktionsmuster** des Organismus auf **äußere und innere Reizereignisse**, die **direkt oder indirekt** durch **Technik**, das heißt schon durch die **Gestaltung** technischer Hilfsmittel, bei der **Nutzung** von technischen Hilfsmitteln und durch die allgemeine **Einstellung** und **Akzeptanz** gegenüber technischen Hilfsmitteln, entsteht und sein physisches und psychisches **Gleichgewicht stört** sowie seine **Fähigkeiten** zur Anpassung oder Bewältigung **strapaziert** oder **überschreitet**.

Die inhaltliche Beschreibung von Technikstress muss deshalb als eine spezielle Form von Stress definiert werden. Als ein neuer Ansatz bei der Erklärung der Entstehung von Technikstress findet der direkte und indirekte Umgang mit Technik, also die Gestaltung, Nutzung, Einstellung und Akzeptanz, Eingang in die Definition. Hervorzuheben ist, dass beim direkten Umgang mit Technik auch Beanspruchungen eingeschlossen sind, die durch eine mangelhafte Anleitung oder unverständliche Handreichung für die Nutzung von technischen Hilfsmitteln entstehen. Positive Effekte, wie z. B. die Fähigkeit der Anpassung und Bewältigung, aber auch negative Auswirkungen, wie z. B. Überforderung als Reaktionen auf Belastungen durch Technik, werden gleichermaßen berücksichtigt.

**Wirkungsebenen**

**Ebenen der Stressreaktion**

<p><b>1. Die kognitive Ebene</b>  <i>Kognitive Reaktionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ neue Fähigkeiten/ Fertigkeiten</li> <li>+ Leistungssteigerung</li> <li>+ ...</li> <li>- Konzentrationsmangel</li> <li>- Denkblockaden (Blackout)</li> <li>- ...</li> </ul>	<p><b>2. Die emotionale Ebene</b>  <i>Emotionale Reaktionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ positive Gefühle</li> <li>+ Erfolgserleben, Stolz</li> <li>+ ...</li> <li>- Nervosität,</li> <li>- Verunsicherung, Angst</li> <li>- ...</li> </ul>
<p><b>3. Die vegetativ-hormonelle Ebene</b>  <i>Vegetativ-hormonelle Reaktionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Aktivierung</li> <li>+ Herstellen von Leistungsbereitschaft</li> <li>+ ...</li> <li>- Herzklopfen/ Herzstiche</li> <li>- Schwitzen, Kurzatmigkeit</li> <li>- ...</li> </ul>	<p><b>4. Die muskuläre Ebene</b>  <i>Muskuläre Reaktionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ muskulärer Trainingszustand</li> <li>+ Fertigkeiten in Handlungsabläufen</li> <li>+ ...</li> <li>- Starre Mimik, Fingertrommeln</li> <li>- Spannungskopfschmerz, Rückenschmerzen</li> <li>- ...</li> </ul>

(Wagner-Link, 2008)



Die Praxisstudien an hochkomplexen Arbeitsplätzen, wie z. B. Kraftwerksleitständen und Feuerwehrleitzentralen, sowie die langfristige Grundlagenforschung in einem Laborexperiment haben vier Wirkungsebenen von Technikstress erkennen lassen. In allen Ebenen konnten sowohl positive als auch negative Effekte als Reaktionsmuster auf Technikstressoren nachgewiesen werden. In einer Untersuchungsmethodik wurden mehrere Messmethoden zur Erfassung von Reaktionsdaten eingesetzt. So kamen mit der Hautleitwertmessung, der Herzfrequenzmessung, der Reaktionsaufzeichnung und der Befragung erprobte Messverfahren der allgemeinen Stressforschung zur Untersuchung von Technikstress zur Anwendung.

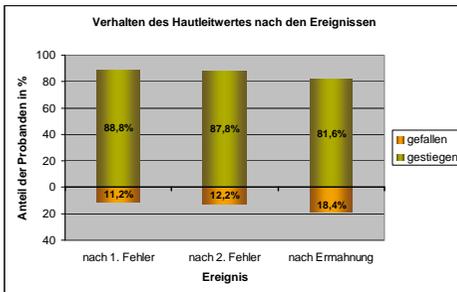
### Technikstressforschung in der Praxis



Untersuchungsfelder der Technikstressforschung sind, wie z. B. in den Bildern (v. l. nach r.) dargestellt, Kraftwerksleitstände, Laborexperimente, Feuerwehrleitzentralen, Büroarbeitsplätze und simulierte Arbeitsplätze und Tätigkeitsfelder.

## Wissenschaftliche Untersuchungen

### Ergebnisse - Auswertung der Hautleitwertmessungen



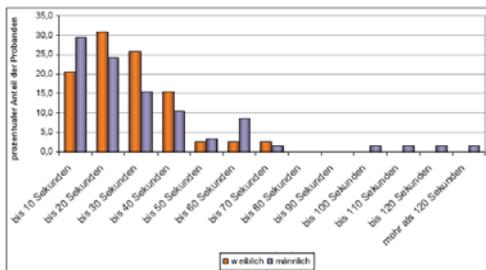
- größter Anstieg bei Teilnehmern mit Fehlern
- nach den Ereignissen bei fast 90% der Probanden Anstieg des Hautleitwertes
- zusätzlicher Anstieg bei Zeitermahnung nachweisbar

In einem Laborexperiment wurde eine spezielle Form von Stress, Technikstress durch plötzliches unvorhersehbares Technikversagen, nachgewiesen. 136 Probanden wurden in die Untersuchung einbezogen. Es gab eine Testgruppe (98 Probanden) die in ihren Versuchsablauf, ohne Kenntnis davon zu haben, durch zwei unerwartet auftretende Fehler an der Ausführung der Arbeit gehindert wurden. Eine Vergleichsgruppe (23 Probanden) konnte ohne Fehler arbeiten. Eine Anzahl (15 Probanden) musste wegen auftretender Messfehler oder stressbedingten Abbruch der Arbeit von der Auswertung ausgeschlossen werden. Bei beiden Gruppen wurden während des Versuches die Hautleitfähigkeit gemessen und die Reaktionen aufgezeichnet. Vor und nach dem Versuch kann jeweils ein geschlossener Fragebogen in zwei Teilen zum Einsatz, der die Einstellungen und Kompetenzen im Umgang mit Technik sowie die Erlebensqualität der Stresssituation erfasste. Alle Probanden waren einer zusätzlichen Zeitermahnung ausgesetzt.

Als ein Hauptergebnis konnte ein großer Anstieg der Hautleitfähigkeitswerte bei den Probanden mit Fehlern jeweils nach den Ereignissen festgestellt werden. Da die Erhöhungen bei der Probandengruppe ohne Fehler nicht in diese hohen Bereiche anstiegen, kann nicht mehr von einem Aufwärmeeffekt bei Arbeitsbeginn ausgegangen werden, sondern auf die unmittelbar erlebte Stresssituation zurückgeführt werden.

## Wissenschaftliche Untersuchungen

### Ergebnisse - Auswertung der Reaktionsaufzeichnungen



Suchzeit \*  
Geschlecht (Fehler 1)

- Suchzeiten bei Fehler 1 nur max. 173s
- Suchzeiten bei Fehler 2 max. 365s
- männliche Probanden suchen länger nach dem Fehler
- beobachtete Reaktionen: motorische Reaktionen, Versuch einer Verbal-kommunikation, ernste, starre Mimik, längere Fehlersuche mit Selbstgesprächen

(Hoppe, 2009)



Fakultät 3 – Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

PD Dr. paed. Dr.-Ing. habil. Annette Hoppe

Berlin, 23.09.09

Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregularien

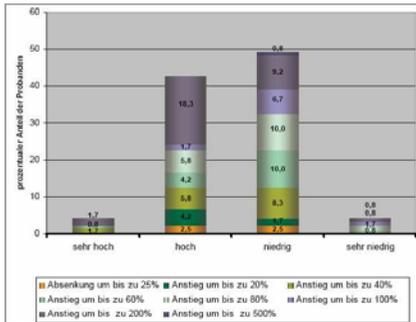
Interessant sind auch die Auswertungen der Reaktionsaufzeichnungen. Beispielhaft sind hier die Auswertung der Suchzeiten nach den Fehlerereignissen geschlechterspezifisch dargestellt. Da nach dem Fehler 1 die Arbeit wiederhergestellt werden konnte und auch alle Probanden die Kompetenzen dazu hatten, verlängerten sich die Suchzeiten nach dem Fehler 2. Die Probanden konnten diesen Fehler aber nicht mehr selbst beheben, ohne davon Kenntnis zu haben.

Die Darstellung macht deutlich, dass die längeren Suchzeiten durch männliche Probanden vorgenommen wurden.

Die beobachteten Reaktionen sind in der allgemeinen Stressforschung als Beanspruchungsreaktionen aufgeführt und können deshalb ebenfalls als Indikator für das Erleben von Technikstress gelten.

## Wissenschaftliche Untersuchungen

### Ergebnisse - Quervergleiche



- Probanden mit langen Suchzeiten geben auch hohe PC-Kenntnisse an
- Probanden, die gern und sehr gern mit dem PC arbeiten, erlebten Technikversagen als Stressquelle
- Probanden mit niedrigem, subjektivem Stresserleben zeigen trotzdem deutliche Hautleitwertreaktionen

### Stresserleben und Hautleitwert-Entwicklung aller Probanden

(Hoppe, 2009)



Fakultät 3 – Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

PD Dr. paed. Dr.-Ing. habil. Annette Hoppe

Berlin, 23.09.09

Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregularien

In der Definition und im 3-Stufen-Modell von Technikstress konnte auf Grund der Untersuchungen ein Einfluss der Einstellung zu und der Kompetenz im Umgang mit der Arbeitstechnik beschrieben werden. Probanden mit hohen Kenntnissen und einer positiven Einstellung erleben das Versagen der Technik als stark stressauslösend. Probanden, die ohne Fehler arbeiteten und ein niedriges Stresserleben angaben, hatten objektiv gemessen hohe Anstiege in den Hautleitfähigkeitswerten. Das ist eine wichtige Erkenntnis. Fokussiertes Arbeiten mit der Computertechnik lässt ein objektives Stresserleben oft nicht zu, obwohl die physiologisch nachweisbaren Körperwerte eine hohe Beanspruchung erkennen lassen.

## Prävention

### Grundregeln zur Vermeidung von Technikstress

#### Handlungsregularien für Nutzer:

- 1) Der Aktive bleibt aktiv. (**Wer?**)
- 2) Soviel wie nötig, nicht soviel wie möglich. (**Wie viel?**)
- 3) Ich lerne meine Technik sinnvoll zu nutzen. (**Wozu?**)
- 4) Ich plane meine Arbeitszeit mit Technik vorausschauend. (**Wann?**)
- 5) Ich bewerte mich nicht über das Funktionieren meiner Technik. (**Wieso?**)

#### Handlungsregularien für Hersteller:

- 1) Bedenke nutzergerechte Funktionalität. (**Wer?**)
- 2) Überdenke die Komplexität. (**Was?**)
- 3) Mache die hauptsächlichen Nutzungsmöglichkeiten deutlich. (**Wofür?**)
- 4) Signalisiere dem Nutzer mögliche Arbeitspausen. (**Wann?**)
- 5) Gib auf Nachfragen Erholungsvorschläge an. (**Wie?**)

(Hoppe, 2009)



Fakultät 3 – Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

PD Dr. paed. Dr.-Ing. habil. Annette Hoppe

Berlin, 23.09.09

Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregularien

Die 5-jährige Technikstressforschung des Lehrgebietes Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie (Awip) der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus hat wichtige interpretierfähige Daten aus Praxisuntersuchungen und einer langfristigen Grundlagenforschung erbracht. Als Ergebnis konnten ein neuer Forschungsansatz erarbeitet, eine Definition zu inhaltlichen Beschreibung erstellt, ein 3-Stufen-Technikstressmodell zur Erklärung didaktisch aufbereitet und Handlungsregularien für Nutzer und Hersteller von Technik abgeleitet werden.

Als Handlungsregularien werden Hinweise für Nutzer und Hersteller von Technik verstanden, die möglichst präventiv oder postponierend eine Vermeidung oder Reduzierung von Technikstress darstellen. Jede dieser Regularien enthält Hinweise und Regeln, die möglich sind und einen subjektiven Entscheidungsspielraum zulassen.

Die Technikstressforschung wird auch in Zukunft ein wichtiger Bestandteil arbeitspsychologischer Untersuchungen sein; immer mit dem Ziel des erneuten wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns und der Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für die Praxis.

„Die Zeit, in der wir leben, ist voll von wissenschaftlichem und technischem Hochmut. Ich tadele Wissenschaft und Technik nicht. Aber man erkennt die Dinge nicht mehr, man weiß gar nicht mehr, was erkennen heißt, man arbeitet mit den Dingen. Es ist so, wie in einer schlechten Ehe: Man sieht sich täglich, aber man sieht sich nicht mehr.“

(Alfred Döblin: Die Technik in der Krise unserer Zeit. Berlin, 1933)

*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!*



Fakultät 3 – Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

PD Dr. paed. Dr.-Ing. habil. Annette Hoppe

Berlin, 23.09.09

**Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregularien**

#### Ausgewählte Quellen:

Cannon, W. B.: Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage. New York, 1929.

DIN EN ISO 10075-1:2000, S. 3 – Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung, Teil 1: Allgemeines und Begriffe. Beuth, 2000.

Hoppe, A.: Technikstress – Theoretische Grundlagen, Praxisuntersuchungen und Handlungsregularien. Shaker Verlag, Aachen, 2009.

Janis, I.: Stress, Attitudes, and Decisions: Selected Papers, Praeger Publishers, 1982.

Richter, G.: Psychische Belastung und Beanspruchung. 3. überarbeitete Auflage. Dortmund Berlin: Bundesanstalt für Arbeitsschutz Und Arbeitsmedizin (Hrsg.), 2000.

Rohmert, W.; Rutenfranz, J.: Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen. Bonn, Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Referat Öffentlichkeitsarbeit, 1975.

Wagner-Link, A.: Der Stress – Stressoren erkennen, Belastungen vermeiden, Stress bewältigen. Hamburg, Techniker Krankenkasse, 2008.

Zimbardo, P.: Psychologie. Springer-Verlag, 1995.



Fakultät 3 – Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

PD Dr. paed. Dr.-Ing. habil. Annette Hoppe

Berlin, 23.09.09

**Technikstress – Ursachen, Wirkungen, Handlungsregularien**

---

---

# **SOAP – universelles Kommunikationsprotokoll für alle Anwendungsfälle?**

**Heinz Junkes**

*Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin*

Das Protokoll SOAP wurde konzipiert, um eine einfache Kommunikation mit Webdiensten zu ermöglichen. Einfachheit, Portabilität und Verwendung von HTTP standen beim Entwurf von SOAP im Vordergrund. Mittlerweile hat sich SOAP zum allgemeinen, plattformunabhängigen Standard für Remote Procedure Calls (RPC) entwickelt. Obwohl es einen höheren Bedarf an Ressourcen als optimale proprietäre Formate hat, wird SOAP auch im wissenschaftlichen Bereich verwendet oder die Verwendung evaluiert.

## **1. Realisierung**

Zur Darstellung von Prozeduraufrufen und Daten wird bei SOAP die Extensible Markup Language (XML) verwendet. XML ist ein Textformat; Daten müssen daher in Zeichenform vorliegen oder umgewandelt werden, um gesendet werden zu können. Eine solche Darstellung numerischer Werte erhöht die Datenmenge ebenso wie die XML-Struktur selbst signifikant.

SOAP benötigt damit mehr Bandbreite und – aufgrund der Umwandlung – Rechenzeit als ein gleichwertiges proprietäres binäres Protokoll.

SOAP ist unabhängig vom verwendeten Transportmechanismus. Üblicherweise wird HTTP verwendet; es gibt jedoch auch Spezifikationen für die Verwendung von SOAP über Protokolle wie SMTP [14], XMPP [6] sowie direkt über TCP [10] oder UDP [12].

Eigenschaften des Transportprotokolls können häufig transparent genutzt werden. So kann mit HTTPS eine gesicherte, verschlüsselte Verbindung auch über öffentliche Netze aufgebaut werden. Bei Verwendung von Version 1.1 kann eine Verbesserung der Übertragungsgeschwindigkeit erzielt werden. Gegenüber Version 1.0 bietet dieser Standard die Möglichkeit, Daten in „Chunks“ aufgeteilt zu übermitteln. So kann bereits mit dem Versand begonnen werden, wenn die Daten noch nicht fertig serialisiert sind. Darüber hinaus unterstützt HTTP 1.1 persistente Verbindungen. Da häufig mehrere Nachrichten ausgetauscht werden, kann so der Overhead zum Aufbau der Verbindung eingespart werden.

Der SOAP-Standard definiert ein Nachrichtenformat und ein „Processing Model“, das u. a. das Senden über Zwischenstationen ermöglicht. Über das „SOAP Extensibility Model“ kann das Protokoll nach definierten Mechanismen erweitert werden. Außerdem werden Anforderungen und Rahmenbedingungen an das verwendete Transportprotokoll spezifiziert. In den „SOAP Adjuncts“ werden u. a. mögliche Aufruf-Konventionen, Datenmodelle und -Kodierungen sowie die Verwendung von HTTP als Transportprotokoll definiert.

## **2. Datenversand**

Beim Transport von (numerischen) Daten sind zwei Aspekte zu betrachten: die Repräsentation der einzelnen Werte selbst und die der (Array-)Struktur. Unterschiedliche Übertragungsformate können durch Behandlung dieser Aspekte starken Einfluss auf die zu übertragende Datenmenge ebenso wie auf die CPU- und Speicherbelastung bei Versand und Empfang nehmen.

Bei unveränderter SOAP-Serialisierung werden Zahlen in ASCII-Text umgewandelt und Arrays als XML-Struktur repräsentiert. Es entstehen ein großer Konvertierungsaufwand und eine sehr lange SOAP-Nachricht. Als erste Alternative können Daten als Base64 kodiert werden. Dabei können nicht nur einzelne Zahlen, sondern ganze Arrays durch einen kontinuierlichen Base64-Strom dargestellt werden, wodurch der XML-Overhead drastisch reduziert wird. [4]

Darüber hinaus können Daten auch als Binärstrom in MIME-, DIME- oder MTOM-Anhängen transportiert werden. Dabei wird, gegenüber dem Ver-

sand als serialisiertes XML, ebenfalls die Datenmenge reduziert und die Verarbeitungszeit zur Umwandlung der Binär- in Zeichendaten eingespart.

Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) entstand ursprünglich als Standard für E-Mail-Anhänge. Anfang und Ende eines MIME-Anhangs werden mit einem Schlüsselwort markiert, das nicht im Anhang selbst auftauchen darf. Daher muss der gesamte Anhang verarbeitet werden, was den Datenversand verlangsamt. Das von Microsoft vorgeschlagene Direct Internet Message Encapsulation (DIME) ist speziell für die Verwendung mit SOAP entworfen und deutlich einfacher als MIME. Dank der Verwendung von Längenangaben für DIME-Anhänge können Nachrichten schneller erstellt und geparkt werden. Die Verwendung von MIME oder DIME für Daten wird auch SwA (SOAP with Attachments) genannt [5]. Vom W3C wird Message Transmission Optimization Mechanism (MTOM) als Nachfolger von MIME und DIME empfohlen.

### **3. Web Services Description Language**

Die Web Services Description Language (WSDL) ist eine XML-basierte Sprache zur Beschreibung von Web-Diensten. Sie wird hauptsächlich zusammen mit SOAP verwendet, um die von einem Dienst angebotenen Methoden zu spezifizieren. Die WSDL unterstützt darüber hinaus die Definition eigener Datentypen. Anhand dieser formalen Spezifikation können mit vielen SOAP-Toolkits automatisch Clients oder Server-Gerüste generiert werden. [1]

Universal Description, Discovery and Integration Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) ist ein Industrievorschlag für verteilte web-basierende „Dienstekataloge“, die als Web Services bereitgestellt werden. Es basiert auf XML und SOAP und stellt ein Verzeichnis von Adress- und Produktdaten sowie Anwendungs-Schnittstellen der verschiedenen Web-Services-Anbieter zur Verfügung. Ferner besitzt UDDI eine Funktion als Laufzeitausführungsmodell.

### **4. Verwendung**

SOAP wurde ursprünglich zur Entwicklung großer Web-Dienste entworfen. Solche Dienste wie eBay und Amazon stellen auch heutzutage das Haupteinsatzgebiet für SOAP dar. Darüber hinaus hat das Protokoll auch in vielen anderen Bereichen Verwendung gefunden.

Für Grid-Computing-Systeme und andere e-Science-Anwendungen ist SOAP mittlerweile ein etabliertes Protokoll. [3] [16] [7] SOAP wird dabei insbesondere als zum Nachrichten-Versand geeignet bewertet, für Daten-

transfers werden andere Protokolle [2] oder MIME, DIME sowie MTOM [17] empfohlen. Als Probleme werden der XML- und Serialisierungs-Overhead und zusätzliche Latenz durch HTTP [3] [4] bewertet.

SOAP ist plattform- und technologieunabhängig. Dies wird durch die Unterstützung verschiedener weit verbreiteter Transportprotokolle gewährleistet. Dank vieler Client- und Server-Implementierungen können diverse Programmiersprachen und -umgebungen verwendet werden. Wichtige SOAP-Implementierungen sind Apache Axis für Java (serverseitig wird dabei Apache Tomcat verwendet), SOAP::Lite für Perl, das Microsoft SOAP Toolkit für Visual C++, C# und Visual Basic, XSOAP für Java und gSOAP für C und C++.

Java bietet seit der Version 5 die Java API for XML Web Services (JAX-WS). In Java 6 wurde JAX-WS 2.0 eingeführt. Die Bibliothek ermöglicht Java-Programmierern die einfache Erstellung und Nutzung von Web Services. JAX-WS verwendet SOAP und WSDL.

## 5. gSOAP

gSOAP ist ein Toolkit zur Verwendung von SOAP unter C und C++. Es gilt als eine der schnellsten SOAP-Implementierungen [8] und unterstützt MTOM, MIME und DIME ebenso wie HTTP 1.1. Die von Robert A. van Engelen entwickelte freie Software ist zur Zeit in der Version 2.7.13 erhältlich [15].

Die Arbeit mit gSOAP beginnt mit der Deklaration eines Dienstes. Sie kann als WSDL- oder C- bzw. C++-Header-Datei vorgenommen werden. Das Werkzeug `wsdl2h` ist Teil von gSOAP und ermöglicht die Umwandlung von WSDL- in Header-Dateien. Ausgehend von Header-Dateien können dann mit `soapcpp2` eine WSDL-Datei sowie Quelldateien für Server und Client generiert werden. Für Clients entstehen Proxyklassen, die ein einfaches Interface zum Server bieten. Die Entwicklung eines Servers wird unterstützt durch die Erstellung von Stubs und der Deklarationen von Methoden, die die Funktionalität des Servers realisieren sollen. Diese Methoden müssen zur Erstellung des Servers nur noch implementiert werden.

Die Datei `stdsoap2.cpp` enthält gemeinsame Funktionen für alle gSOAP-Anwendungen und muss immer eingebunden werden.

gSOAP kann mit dem Parameter „WITH\_LEAN“ kompiliert werden. Die entstandenen Binarys verzichten zugunsten eines geringeren Speicherverbrauchs auf die Unterstützung einiger Funktionen wie UDP, HTTP-1.1-Features oder Logging.

## 6. Realzeit-Systeme

In Multitasking-Systemen können Anwendungen nicht die gesamte Zeit auf die angebotenen Ressourcen zugreifen, sondern müssen sich CPU-Zeit, Arbeitsspeicher und Peripherie mit anderen Anwendungen teilen. Realzeit-Systeme bieten Anwendungen die Möglichkeit, feste zeitliche Bedingungen an die Ausführung zu stellen. So können Mess- und Steuerrechner zeitkritische Aktionen ausführen oder auf Ereignisse zeitnah reagieren.

Ein bekanntes Realtime-Betriebssystem ist VxWorks. Es wird von Wind River Systems entwickelt. Da VxWorks vollständig POSIX-kompatibel ist, können Anwendungen leicht portiert werden. gSOAP wurde von Wind River Systems selbst mit verbesserter VxWorks-Kompatibilität ausgestattet.

Scheduling arbeitet unter VxWorks als streng prioritätsbasiertes preemptives Multitasking, das heißt Tasks können nur von höher priorisierten Tasks unterbrochen werden. Beim optional verwendbaren Round-Robin-Scheduling werden Tasks nach Ablauf einer gewissen Zeit („Timeslice“) zugunsten gleich priorisierter Tasks pausiert, wobei dann ein deterministisches Verhalten nicht mehr gewährleistet werden kann.

Unter VxWorks teilen sich alle Anwendungen einen Adressraum. Daher kann nach Beendigung eines Tasks sein Speicher nicht automatisch freigegeben werden. Anwendungen müssen allozierten Speicher also in jedem Fall selbst freigeben. Da Realtime-Systeme häufig über lange Zeit und unbeaufsichtigt arbeiten, sind z. B. Speicherlecks unbedingt zu vermeiden.

## 7. Anforderungen

Am Institut werden im Allgemeinen VxWorks-basierte Messsysteme eingesetzt. Die Kommunikation mit den Auswerterechnern findet seit einiger Zeit mit SOAP statt. SOAP löst ein früher am Institut entwickeltes binäres Kommunikationsprotokoll ab. Die Systeme sind über ein Netzwerk mit Gigabit-Ethernet verbunden. Im Normalfall ist mit jeder Serverinstanz nur ein Client verbunden.

Die Messsysteme unterstützen allgemein eine Vielzahl von Instrumenten und bieten ein abstraktes Interface zu ihnen. Z. B. kommen dort Digitizer-Karten DC 44xx von Agilent Technologies (früher acqiris) zum Einsatz. Eine Menge der mit diesen Karten aufgenommenen Samples stellt die mit SOAP zu übertragenden Daten dar. Auch eine serverseitige Berechnung von Durchschnitten über diese Mengen wird unterstützt.

Neben der Übertragung der Nutzdaten bietet das implementierte Protokoll auch einige Steuer- und Informationsbefehle an. Diese Befehle bieten Informationen zu den angeschlossenen Karten und ermöglichen das Anpassen verschiedener Messparameter. Bspw. können die Anzahl an Samples pro Paket ebenso wie die Größe der Werte, also die Auflösung, konfiguriert werden.

Die Steuerbefehle müssen weder engen zeitlichen Anforderungen entsprechen, noch stellen sie eine große Systemlast dar. Die Datenübertragung der Digitizerwerte wiederum stellt eine starke Belastung dar. Messwerte müssen hier typischerweise in Form von Paketen mit einigen 100.000 2-Byte-Integer-Zahlen und einer Rate von bis zu 100 Hertz versendet werden (bis zu 20 MByte/sec), ohne das isochrone Verhalten des Systems zu beeinflussen.

Es muss daher eine möglichst performante Übertragung erreicht werden, die in dem von der Realzeit-Anwendung vorgegebenen Ressourcenrahmen stattfindet. Gegenüber der Leistung ist die Interoperabilität weniger wichtig, da die Systeme ausschließlich intern genutzt werden, und daher ist bei der Entwicklung der Clients ein eventuell hinzunehmender Mehraufwand akzeptabel.

Aus den hohen Anforderungen der Datenübertragung heraus kann in diesem Fall nur eine Übertragung im DIME-Format erfolgen. Da aus Speicherplatzgründen HTTP nur in Version 1.0 zum Einsatz kommen kann, ist die Nutzung von Chunking und Persistent der Verbindungen nicht möglich. In einer Testinstallation [11] wird die Möglichkeit der Nutzung von HTTP Version 1.1 noch genauer untersucht werden.

## **8. Weitergehende Nutzung**

Ein weiterer Nutzen des Einsatzes von SOAP ergibt sich durch die Kommunikationsmöglichkeit mit vorhanden Applikationen, die vermehrt ebenfalls SOAP/XML-Schnittstellen anbieten. Am Fritz-Haber-Institut wird zur Gebäudeautomation als Leittechnik-Software „WebCtrl“ [9] eingesetzt, welche BACNet/IP als Kommunikationsprotokoll nutzt und zum Datenaustausch SOAP/XML anbietet. Dadurch ist es möglich, dass die Messrechner-Software die aktuellen Umgebungsbedingungen der Experimente wie Temperatur, Raumfeuchte etc. den zu übertragenden Daten zur Qualitätssicherung hinzufügt.

## Literatur

- [1] Russel Butek. Which style of WSDL should I use?, 2005. <http://ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-whichwsdl>.
- [2] Kenneth Chiu, Madhusudhan Govindaraju, and Randall Bramley. Investigating the limits of soap performance for scientific computing. In HPDC '02: Proceedings of the 11th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, page 246, Washington, DC, USA, 2002. IEEE Computer Society.
- [3] Dan Davis and Manish P. Parashar. Latency performance of soap implementations. In CCGRID '02: Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, page 407, Washington, DC, USA, 2002. IEEE Computer Society.
- [4] Robert A. Van Engelen. Pushing the soap envelope with web services for scientific computing. In Proceedings of the International Conference on Web Services (ICWS), pages 346–352, Las Vegas, pages 346–352, 2003.
- [5] eviware.com. soapUI User Guide – Working with WS Attachments and Inline Files, 2009. <http://www.soapui.org/userguide/attachments.html>.
- [6] Peter Saint-Andre Fabio Forno. XEP-0072: SOAP Over XMPP, 2005. <http://xmpp.org/extensions/xep-0072.html>.
- [7] Madhusudhan Govindaraju, Sriram Krishnan, Kenneth Chiu, Er Slominski, Dennis Gannon, and All Bramley. Xcat 2.0: A component-based programming model for grid web services. Technical report, 2002.
- [8] Madhusudhan Govindaraju, Aleksander Slominski, Kenneth Chiu, Pu Liu, Robert van Engelen, and Michael J. Lewis. Toward characterizing the performance of soap toolkits. In GRID '04: Proceedings of the 5th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing, pages 365–372, Washington, DC, USA, 2004. IEEE Computer Society.
- [9] <http://www.automatedlogic.com/product/webctrl/>
- [10] Microsoft Corporation. .NET Remoting: Core Protocol Specification – 2.1.3.2 SOAP on TCP, 2009. [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc237338\(PROT.10\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc237338(PROT.10).aspx).
- [11] Adrian Lang, Verwendung von SOAP zur Kommunikation mit Real-time-Anwendungen unter VxWorks, Bachelor Theiß, Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, Fachbereich Berufsakademie, 2009.

- [12] Ram Jeyaraman. SOAP-over-UDP Version 1.1, 2009. <http://docs.oasis-open.org/ws-dd/soapoverudp/1.1/cs-01/wsdd-soapoverudp-1.1-specs-01.html>.
- [14] Paul Kulchenko Robert Cunnings, Simon Fell. SMTP Transport Binding for SOAP 1.1, 2001. [http://www.pocketsoap.com/specs/smtplib/smtplib\\_001.htm](http://www.pocketsoap.com/specs/smtplib/smtplib_001.htm).
- [15] Robert van Engelen. gSOAP 2.7.11 User Guide, 2009.
- [16] Tomasz Wrzosek, Dawid Kurzyniec, and Vaidy Sunderam. Performance and client heterogeneity in service-based metacomputing. Parallel and Distributed Processing Symposium, International, 2:113, 2004.
- [17] David W. Walker Ying Ying, Yan Huang. A performance evaluation of using soap with attachments for e-science. In Proceedings of the UK e-Science All Hands Conference 2005. Engineering and Physical Sciences Research Council, 2005.

---

---

# **3D-Scans von Keilschrifttafeln – ein Werkstattbericht**

**Jörg Kantel**

*Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin*

**Peter Damerow**

*Cuneiform Digital Library Initiative, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin*

**Sarah Köhler**

*Hilprecht-Sammlung der Friedrich-Schiller-Universität, Jena*

**Christina Tsouparopoulou**

*Cuneiform Digital Library Initiative, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin und University of California, Los Angeles*

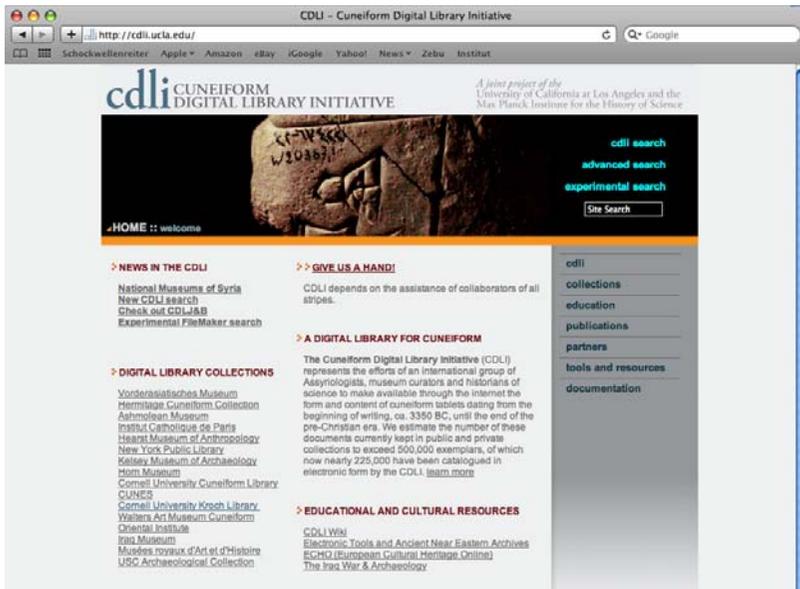
## **Zusammenfassung**

Dieser Bericht dokumentiert *work in progress*. Er berichtet von der Arbeit, die am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte (MPIWG) in Berlin zusammen mit der institutsübergreifenden *Cuneiform Digital Library Initia-*

tive (CDLI) in Berlin und Los Angeles und der Hilprecht-Sammlung der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU) am Institut für Sprachen und Kulturen des Vorderen Orients durchgeführt wird, um Keilschrifttafeln dreidimensional einzuscannen und im *World Wide Web* zugänglich zu machen. Obwohl sich erste Erfolge abzeichnen, sind noch viele Fragen offen und einiges auch noch nicht abschließend geklärt. Das betrifft insbesondere die Frage der Web-Repräsentation der eingescannten Objekte. Trotzdem glauben wir, dass ein Bericht über unsere Herangehensweise an dieses Projekt und über die bisherige Arbeit Sinn macht, einerseits als Anregung für ähnliche 3D-Projekte und andererseits, weil wir vermuten, dass die Probleme, die das Projekt aufwirft, durchaus typisch sind für andere *Großprojekte* in der Wissenschaft, so dass dieser Bericht als Hilfestellung dienen kann.

## 1. Was ist die CDLI?

Keilschrifttafeln gehören neben den ägyptischen Hieroglyphen zu den ältesten schriftlichen Zeugnissen der Menschheit. Sie dienten zahlreichen Kulturvölkern des alten Orients (Sumerer, Akkader, Babylonier, Hethiter, Assyrer und andere) in der Zeit von etwa 3000 vor unserer Zeitrechnung bis zum Beginn des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung als bevorzugte Schriftform. Die Zeichen wurden mit einem Holz- oder Rohrgriffel in weichem Ton eingedrückt und bestehen in ihren Grundelementen aus waagerechten, senkrechten und schrägen Keilen. Das Trägermaterial, feuchter und nach dem Eindringen der Zeichen getrockneter Ton, ist von Natur aus sehr haltbar, so dass solche Keilschrifttafeln auch lange historische Zeiträume unversehrt überstehen können. Die geschätzte Zahl der bislang ausgegrabenen Keilschrifttafeln beläuft sich auf mehr als 500.000 Objekte, von denen ein großer Teil bis heute noch nicht wissenschaftlich publiziert wurde. Diese Tafeln liegen weltweit verstreut in den öffentlichen und privaten Sammlungen der Museen, der Archive und der Depots der Sammler. Aufgrund ihrer Grabungs- oder Raubgrabungsgeschichte sind vielfach zusammengehörende Tafeln aus ihrem archäologischen Kontext gerissen und auf diverse Sammlungen verstreut worden, so dass eine zusammenhängende Untersuchung sich oftmals als sehr schwierig erweist und mit kostspieligen Reisetätigkeiten verbunden ist.



**Abb. 1: Die Startseite der CDLI im Web**

Die *Cuneiform Digital Library Initiative* ist ein *joint venture* zwischen dem Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte und der *University of California at Los Angeles* (UCLA) und wird geleitet von Robert K. Englund (Los Angeles) und Peter Damerow (Berlin). Sie hat es sich zur Aufgabe gesetzt, die vorhandenen Keilschrifttexte zu katalogisieren und, wenn möglich, in Bildform, als Umzeichnung und in Form einer Transliteration im Netz zur Verfügung zu stellen. Bisher sind etwa 225.000 Texte katalogisiert und etwa 50.000 Tafeln zweidimensional eingescannt und im World Wide Web zugänglich gemacht worden. Außerdem stellt die CDLI eine webbasierte Umgebung für die kollaborative Transkription, Transliteration, Übersetzung und Publikation der Tafeln zur Verfügung.

## 2. Warum 3D?

Aufgrund ihres Alters und ihrer Geschichte sind die gefundenen Tafeln häufig beschädigt und schwer zu entziffern. Bei der Transliteration der Tafeln versuchen Altorientalisten daher in der Regel, mit Hilfe wechselnder Beleuchtung eine bessere Lesbarkeit der Tafeln zu erreichen, um besser entscheiden zu können, was Zeichen und was Beschädigung ist. Zweidimensionale Scans auch in hoher Auflösung reichen daher oft nicht aus, da sie unter

einer einheitlichen Beleuchtung angefertigt werden. Zwar gibt es auch bei Altorientalisten eine *Standard-Beleuchtung* (schräg von links oben), doch diese muss variiert oder, wie dies beim aufwändigen Photographieren der Tafeln geschieht, durch zusätzliche Lichtquellen ergänzt werden, um alle Teile einer Tafel mit einer oftmals unebenen Oberfläche in gleicher Weise lesbar zu machen.

Die meiste Software für dreidimensionale Objekte erlaubt es, ein Licht oder mehrere Lichter im Viewer zu setzen und auch den Kamerastandpunkt zu verändern. So kann die Arbeitsweise des Altorientalisten virtuell nachgebildet werden, ohne dass der Forscher das Objekt in die Hand nehmen oder gar zu seinem Standort reisen muss. Eine angepasste virtuelle Arbeitsumgebung kann somit perfekt die Arbeitsweise des Wissenschaftlers nachbilden und ermöglicht so eine größere Produktivität und bietet, wenn erst einmal genügend dreidimensional eingescannte Tafeln zur Verfügung stehen, auch eine Plattform zum Vergleich verschiedener Tafeln und ihrer Eigenschaften.

### **3. Auswahl des Scanners**

Nach einer umfangreichen Evaluation kamen drei Hersteller von 3D-Scannern und der dazugehörigen Software in die engere Auswahl und wurden jeweils getrennt für eine eintägige Präsentation in das MPIWG eingeladen, wo sie ihre Geräte aufbauen und ein oder mehrere Keilschrifttafeln oder deren Abgüsse einscannen sollten.

Um ein realistisches Bild von der Qualität der Produkte zu erhalten, wurde eine komplizierte Tafel ausgewählt, die nicht nur stark beschädigt, sondern auch noch aus Bruchstücken zusammengesetzt und teilweise gefälscht war. Das Scan-Ergebnis sollte es natürlich ermöglichen, diese Strukturen und auch die Fälschung zu erkennen, genauso, wie es am realen Objekt möglich ist.

Das Produkt der ersten Firma (Produkt A) hatte eine zu geringe Auflösung, die die Software durch einen Glättungsvorgang zu kompensieren suchte. Dies mag in anderen Bereichen sinnvoll sein, ist jedoch für die Anwendung auf Keilschrifttafeln nicht geeignet, da darunter die Lesbarkeit der Zeichen massiv leidet.

Das Produkt der zweiten Firma (Produkt B) hatte auch nur eine Auflösung von 1.280 x 960 Pixel (also etwa 1,2 Megapixel), doch die Glättung, die die Software auch versuchte, konnte abgestellt werden. Dafür aber kam die Software mit der Farbdarstellung nicht zurecht, da sie versuchte, nachträglich Photos der Tafel als *Texture* auf das dreidimensionale Objekt der Tafel zu mappen. Diese Vorgehensweise ist im 3D-Bereich zwar durchaus üblich

(eigentlich sogar eher der Normalfall), bei der zerklüfteten und unregelmäßigen Struktur der Keilschrifttafeln führte dies jedoch zu keinem befriedigenden Ergebnis. Und Farbe ist essentiell für die Arbeit mit den Tafeln. Denn sie gibt eine zusätzliche Information, die dem Wissenschaftler bei der Erforschung der Tafel hilft und daher in hinreichender Qualität zur Verfügung stehen muss.

Lediglich das Produkt C, der smartSCAN<sup>3D-HE</sup> der Firma Breuckmann aus Meersburg konnte uns überzeugen. Er scannt in sehr hoher Auflösung (5 Megapixel) und hält sich bei der Glättung zurück. Alleinstellungsmerkmal ist aber, dass der Scanner die Farbinformation zu jedem eingescannten Punkt speichert und nicht versucht, nachträglich eine Texture zu mappen. Dies erhöht zwar Dateigröße wie auch den Zeitaufwand beim Scannen, das Ergebnis erfüllte aber weitestgehend unsere Erwartungen und so wurde die Anschaffung dieses Scanners beschlossen und vom zuständigen Direktor Jürgen Renn genehmigt.

#### 4. Die Hardware

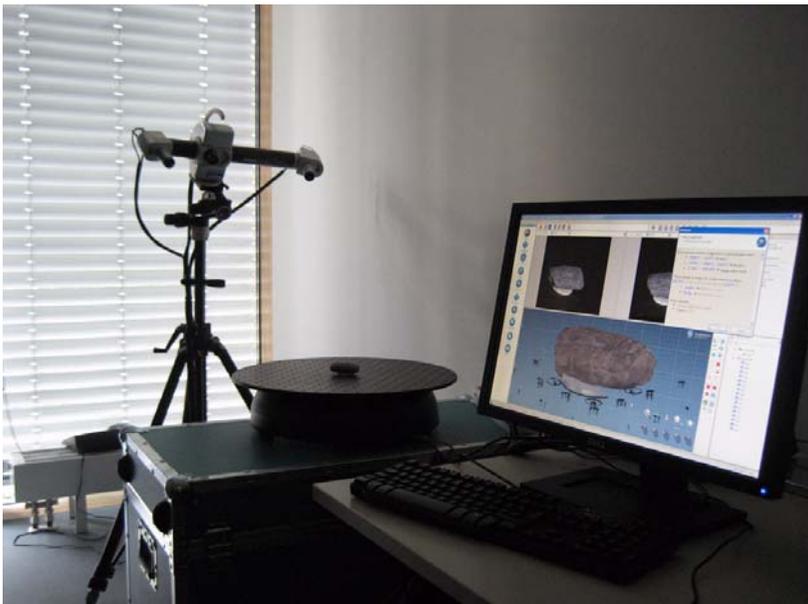


Abb. 2: Erster Testaufbau der Hardware in der Bibliothek des MPIWG

Der smartSCAN<sup>3D-HE</sup> ist ein Streifenlichtscanner, kein Laserscanner, der – wie oben schon erwähnt – die Farbinformationen **mit** den Punkten der Scans abspeichert. Er besteht aus zwei Kameras mit wechselbaren Objektiven, einem Projektor mit wechselbaren Objektiven und zwei Positionierlasern zur Einstellung des richtigen Arbeitsabstandes. Er muss auf einem stabilen Stativ montiert werden und wird über eine Kontrolleinheit mit dem Scan-Rechner verbunden. Ebenfalls mit dieser Kontrolleinheit verbunden ist ein massiver Drehteller. Scan-Rechner ist eine 2-Core-Maschine von Dell mit Windows XP. Um die Breuckmann-Software *OPTOCAT* starten zu können, wird aus Kopierschutzgründen ein *Dongle* benötigt.

Mitgeliefert wurden drei Objektivsätze mit verschiedenen Brennweiten, von denen wir aus Gründen der höchstmöglichen Auflösung aber nur den Objektivsatz für das kleinste Messfeld (125 mm) verwenden.

Außerdem gehörten zum Lieferumfang zwei Kalibriertafeln, von denen eine zweiseitig nutzbar ist, so dass damit alle drei Messfelder kalibriert werden können.

Der Rechner selber war eigentlich von Anfang an zu schwachbrüstig ausgelegt, so dass wir – nachdem unsere Überlegungen zum *Workflow* (siehe weiter unten) sowieso die Anschaffung zusätzlicher Rechner und Softwarelizenzen erforderten – eine Aufrüstung vornahmen.

Diese neuen Rechner sind erst seit ein paar Tagen im Einsatz, daher können wir eine Einschätzung, wie weit die zusätzliche Rechenleistung den Scanvorgang beschleunigt, noch nicht abgeben.

## 5. Die Software

Die OPTOCAT-Software der Firma Breuckmann, die für das Scannen und Bearbeiten der Rohdaten zuständig ist, ist eigentlich sehr gut durchdacht und auch in der Benutzerführung konsequent. Allerdings ist ihr Fokus weniger auf den wissenschaftlichen Betrieb ausgerichtet, als auf Arbeiten, wie sie in der Industrie anfallen. Das gilt noch im verstärkten Maße für das umfangreiche, mitgelieferte Handbuch. Die Lernkurve für einen sachgemäßen Umgang mit der Software ist daher zu Beginn ziemlich steil und einige Male standen wir frustriert vor unseren Ergebnissen, die eher an Kleinsche Flaschen als an Keilschrifttafeln erinnerten.

## 6. Der Workflow

Schon nach den ersten Testreihen war uns klar, dass wir den Workflow in den eigentlichen Scan- und in einen Post-Processing-Vorgang aufteilen müs-

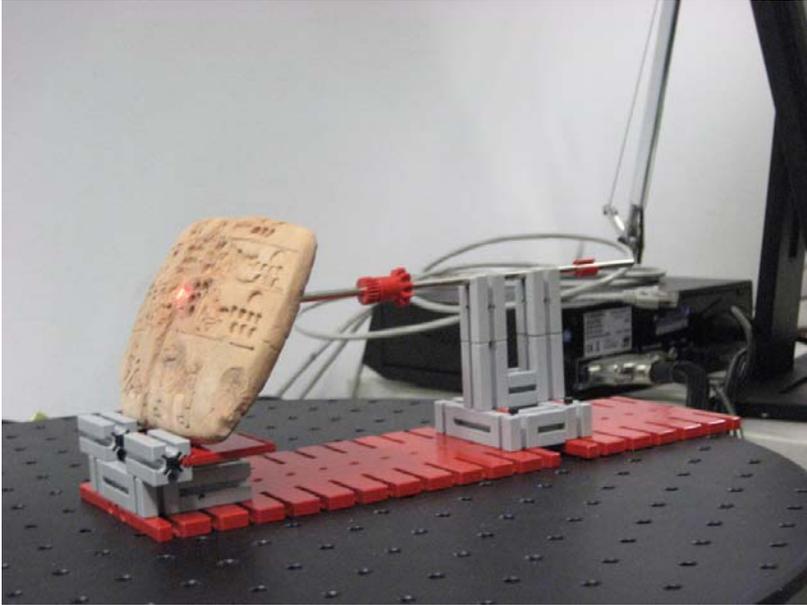
sen, um überhaupt einen akzeptablen Durchsatz zu erreichen. Und nachdem wir herausgefunden hatten, dass der Scan-Vorgang in einem beschleunigten *Preview-Mode*, in dem nur jedes 3. Pixel angezeigt wird, durchgeführt werden kann, ohne dass die Qualität darunter leidet – die Originaldateien in der hohen Auflösung bleiben trotzdem erhalten –, fanden wir auch schnell heraus, wo die Schnittstelle zwischen den beiden Vorgängen liegen kann.

Dabei kam uns zu Hilfe, dass der Scanner beim Scan-Vorgang erst einmal Bilddateien abspeichert (mit der Endung *.abs*), die als Grundlage für alle weiteren Arbeiten dienen. Daraus berechnet er die von Breuckmann so genannten Container-Dateien (*.ctr*), die dann tatsächlich nur die Informationen für jedes dritte Pixel haben. Diese reichen aber aus, um die für das Scannen notwendigen groben Säuberungen und Alignments durchzuführen. Dies ist der erste Teil des Workflows, den wir im weiteren den Scan-Vorgang nennen.

Für die weitere Arbeit ist der Scanner nicht mehr erforderlich, sondern nur noch ein möglichst leistungsfähiger Rechner mit der OPTOCAT-Software. Diesen Vorgang haben wir Post-Processing genannt und er kann auch an anderer Stelle als an dem eigentlichen Scan-Ort durchgeführt werden.

Daher ist unsere zur Zeit noch nicht realisierte Idee, dass ein Team vor Ort scannt und ein weiteres Team am Institut das Post-Processing durchführt. Bei einfachen Tafeln kann so der Scan-Vorgang auf ca. 20 Minuten gekürzt werden. Das Post-Processing dauert ca. zwei bis drei Mal so lange. Daher besteht unsere gesamte Scan-Ausrüstung nach einer Nachbestellung nun aus einem Scan- und drei Post-Processing-Rechnern, die alle mit der OPTOCAT-Software ausgestattet sind.

## 6.1 Der Scan-Vorgang



**Abb. 3: Ein Hoch auf die Fischertechnik**

Nach langen Testreihen haben wir folgenden Scan-Vorgang als optimal eingestuft: Zuerst einmal wird die Tafel mit der Vorderseite flach auf den Drehteller gelegt und nach jedem Scan wird der Teller um 60 Grad weitergedreht, so dass sechs Scans in einem Durchgang erledigt werden. Das Alignment erfolgt hierbei automatisch, da die Software über die Control-Unit mit dem Drehteller verbunden ist.

Anschließend wird die Tafel gedreht und die Rückseite auf die gleiche Weise gescannt. Hier muss man der Software mitteilen, dass sich die Lage des Scan-Objekts verändert hat, und wird nach dem ersten Scan zu einem manuellen *Alignment* aufgefordert. Das weitere Alignment erfolgt dann wieder automatisch.

In dieser Lage werden zwar die kritischen Ränder der Tafel sehr gut erfasst, die jeweilige Vorder- und Rückseite liegt aber vielfach außerhalb des eigentlichen Schärfebereichs des Scannermessfeldes. Daher wird von diesen beiden Seiten jeweils ein Scan manuell durchgeführt. Hierbei kommt eine selbst entwickelte Konstruktion mit Hilfe von Fischertechnik-Elementen zum Einsatz, die die Seiten annähernd parallel zu den Objektiven ausrichtet.

Bei gut erhaltenen Tafeln reichen diese 14 Aufnahmen aus, Tafeln mit tiefen Keilen und/oder Rissen müssen unter Umständen an den kritischen Stellen noch einmal manuell nachgescannt werden. Hierfür gibt es keine konkreten Regeln, hier hilft nur die Erfahrung der mit dem Scannen befassten Mitarbeiterin oder des mit dem Scannen befaßten Mitarbeiters.

Größere Tafeln müssen in mehreren Streifen eingescannt werden. Hier wird die Zahl der benötigten Aufnahmen sehr schnell sehr groß und auch die Anforderungen an die Rechenleistung wachsen rapide. Als ressourcensparende Lösung hat es sich bewährt, immer nur die Scans zu laden, die für ein Alignment benötigt werden. Daher lohnt es, sich vorher über die Scanreihenfolge Gedanken zu machen und über den gesamten Scanvorgang ein Protokoll zu führen.

## 6.2 Post-Processing

Beim Post-Processing werden erst einmal aus den Photo-Dateien (.abs) neue Container-Files (.ctr) generiert, diesmal in hoher Auflösung. Leider sind alle vorhergehenden Säuberungen damit wieder verschwunden, so dass beim eigentlichen Scannen wirklich nur die Stellen gesäubert werden sollten, die zum Alignment erforderlich sind.

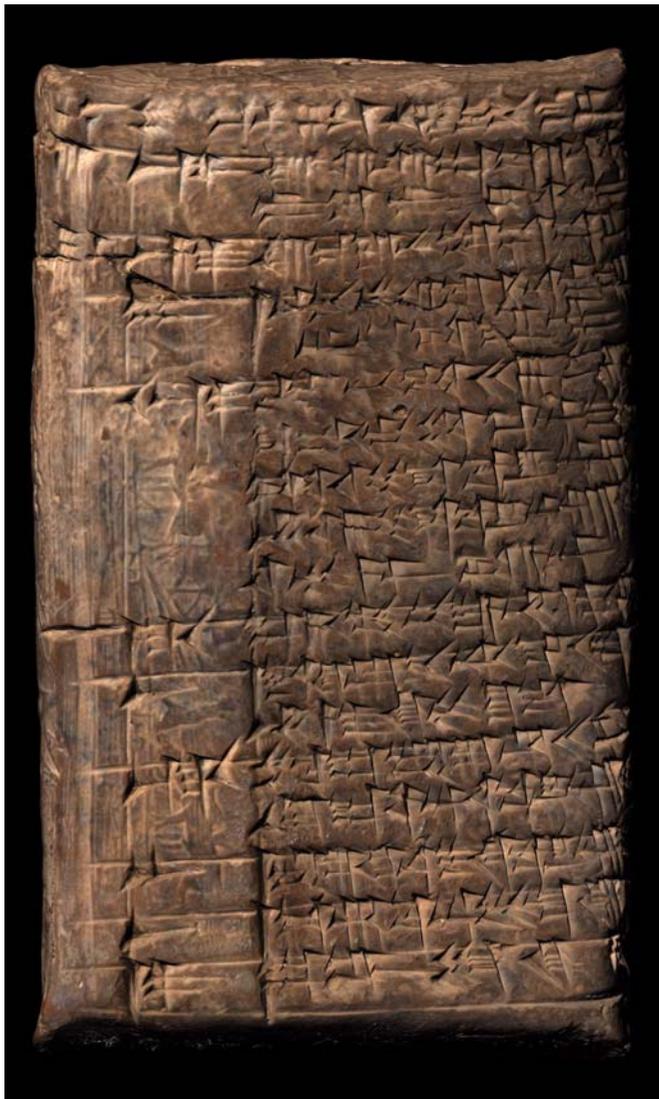
Nun kommt es darauf an, alle nicht zum Objekt gehörenden Teile, aber auch unscharfe oder verrauschte Bereiche aus dem Objekt zu entfernen. Und auch für die Frage, was entfernt werden kann oder muss und was nicht, gibt es bestenfalls Faustregeln. Hier spielt die Erfahrung der Bearbeiterin oder des Bearbeiters eine große Rolle. An dieser Stelle wird man allerdings von der Software wirklich gut unterstützt, die Bedienung ist einfach und intuitiv.

Danach kann man noch einmal ein abschließendes Alignment durchführen und anschließend die Meshes endgültig berechnen lassen. Dieser Teil ist eher rechen- denn arbeitsintensiv (die Berechnung dauert oft mehrere Minuten bis zu einer Viertelstunde), so dass wir uns vorstellen können, dass eine Mitarbeiterin oder ein Mitarbeiter parallel an zwei Vorgängen arbeiten kann.

Für das Endergebnis unterstützt die Software der Firma Breuckmann neben vielen anderen sowohl das offene PLY-Format (eine um die Farbkomponente erweiterte Version des ebenfalls offenen STL-Formats) als auch das vom W3C zum Standard erhobene VRML resp. X3D.

Da es sinnlos ist, einmal dreidimensional gescannte Tafeln noch einmal zweidimensional einzuscannen, entwickelte die Firma Breuckmann für uns ein Makro, das automatisch Screenshots von den Objekten erstellt, die der gewohnten *6 side view* nach den Standards der CDLI entsprechen. Diese

sechs kreuzweise angeordneten Bilder der Scans werden im CDLI-Jargon auch *archival fat-cross representation of tablets* oder einfach *fat cross* genannt.



**Abb. 4:** Die Tafel HS 134 aus der Hilprecht-Sammlung in Jena, Screenshot eines dreidimensionalen Scans, Frontansicht

## 7. Erste Ergebnisse

Schon nach kurzer Einarbeitungszeit waren die erzielten Ergebnisse recht ansehnlich. Manchmal hatten wir sogar den Eindruck, dass die Screenshots der dreidimensionalen Modelle, die mit dem oben erwähnten Makro geschaffen wurden, die üblichen, zweidimensionalen Scans an Schärfe und Deutlichkeit übertrafen. Das hat sicher auch damit zu tun, dass das Makro es uns erlaubt, für jeden Screenshot noch einmal individuell die Lichter zu setzen.

Dies haben wir an dieser Tafel (HS 134, s. Abb. 4) aus der Hilprecht-Sammlung ausprobiert. Die Tafel enthält auf der linken Seite Rollsiegel. Rollsiegel sind bei weitem nicht so tief in den Ton eingedrückt wie normale Keilschrift-Zeichen und daher oft schwer zu erkennen und zu interpretieren. Wie noch diese gegenüber dem Original-Screenshot stark verkleinerte Abb. 4 zeigt, ist selbst bei ihr das Siegel noch zu erkennen. Im Originalscan mit einem guten Viewer (zum Beispiel den der Firma Breuckmann oder mit Meshlab, siehe nächsten Abschnitt) betrachtet und mit einem zusätzlichen Streiflicht versehen tritt das Rollsiegel deutlich hervor.

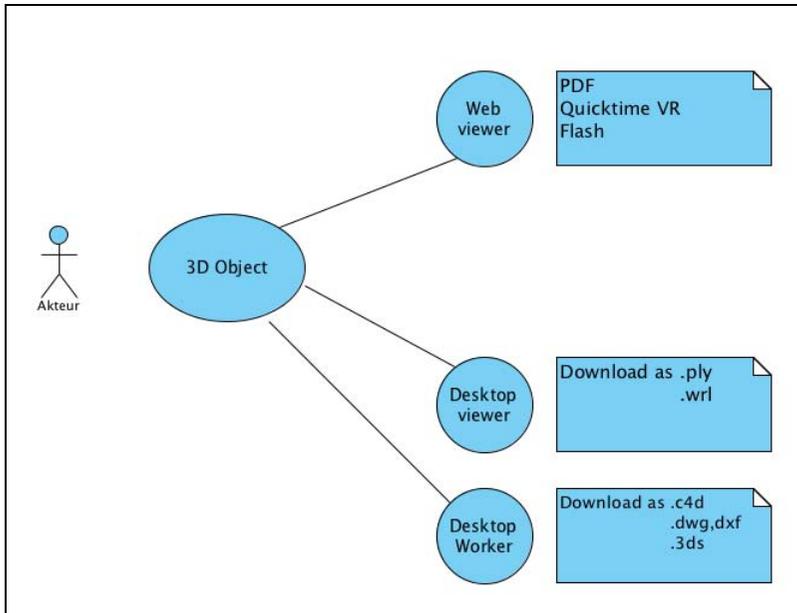


**Abb. 5: Die Tafel HS 134 aus der Hilprecht-Sammlung in Jena, Screenshot eines dreidimensionalen Scans, linke Seite der Tafel mit Rollsiegel**

Mindestens genauso überzeugend ist die Ansicht der linken Seite dieser Tafel (s. Abb. 5), die ebenfalls mit einem Rollsiegel versehen ist. Hier ist selbst in der kleinen Abbildung deutlich der Landarbeiter mit seinem Pflug und den beiden Zugtieren zu erkennen. So etwas sieht sonst der Wissenschaftler oft erst, wenn er das Original in den Händen hält.

## 8. 3D-Daten - und nun?

Als Ausgabeformat für die fertigen 3D-Objekte haben wir uns vorläufig für das offene PLY-Format (*PoLYgon File Format*), eine Weiterentwicklung des ebenfalls offenen STL-Formats (*Stanford TriangLe Format*) entschieden. Eine weitere Option ist der W3C-Standard VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) resp. deren Nachfolger X3D (*eXtended 3D Format*). Die Konvertierung von PLY nach VRML wird von der Breuckmann-Software schnell und problemlos erledigt.



**Abb. 6: Use-Case (Zeichnung: Sebastian Schröder)**

Bei der Nutzung der 3D-Daten gehen wir von folgendem *Szenario* aus (s. Abb. 6):

1. Der Nutzer betrachtet einen *Thumbnail* der Keilschrifttafel im Browser. Das kann tatsächlich »nur« eine verkleinerte Abbildung der Tafel sein, aber es sind auch kleine, komprimierte 3D-Darstellungen in PDF, QuickTime VR oder Flash denkbar.
2. Für eine genauere Inspektion lädt sich der User die PLY- und/oder VRML-Datei herunter. Wir haben uns aus Gründen, die weiter unten erläutert werden, entschieden, **beide** Formate zum Download anzubieten. Als *Desktop Viewer* kommen dann der Breuckmann-Viewer und/oder

MeshLab in Frage, die beide sowohl PLY- als VRML-Dateien lesen können. Diese zwei Programme werden weiter unten ausführlich vorgestellt.

3. Schließlich gibt es noch den *use case*, dass ein Anwender die Daten weiterverarbeiten will, sei es, um sie für Präsentationen aufzubereiten, sei es, um sie mit anderen 3D-Elementen zu kombinieren oder sie mit zusätzlichen Lichtern zu versehen. Hier muss der Nutzer die Daten erst einmal in das Anwendungsformat seiner Wahl konvertieren, zum Beispiel .c4d oder .dxf (auch dazu weiter unten mehr).

## 8.1 Aufbereitung der Daten für das Web

Die Aufbereitung der Daten für das Web haben wir bisher mit dem Programm *Cinema 4D* durchgeführt. Neben der Tatsache, dass das *Know How* für die Bedienung dieses Programms wenigstens ansatzweise im Umkreis des Projekts vorhanden war, überzeugte *Cinema 4D* vor allem durch die vielfältigen Import- und Exportmöglichkeiten, die zumindest auf dem Papier existierten.

Allerdings konnte *Cinema 4D* zuerst einmal die riesigen PLY-Meshes nicht laden. Dagegen konnte die Software die VRML-Daten beinahe problemlos einlesen. Allerdings gingen die Farbinformationen beim Import verloren. Ob dies ein Bedienungsfehler von uns war oder ob *Cinema 4D* mit den Farbinformationen an jedem Punkt (anstelle von Texturen) nicht zurechtkommt, konnten wir bisher noch nicht abschließend klären.

### 8.1.1 QuickTime VR

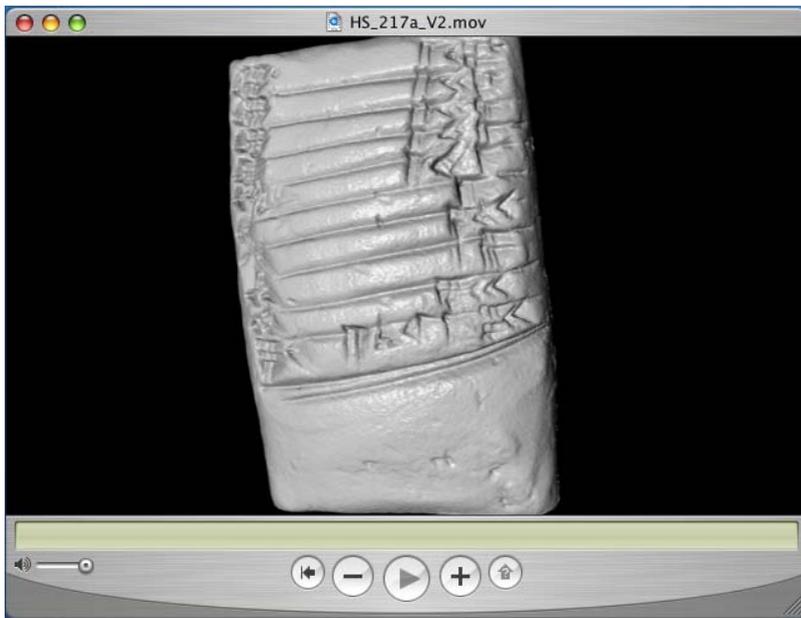
Von hier aus konvertierten wir die Tafel nach *QuickTime VR (QuickTime Virtual Reality)*. Das ist ein proprietäres Format der Firma Apple, mit dem vorgerenderte Bilder in einer Quasi-3D-Darstellung angezeigt werden können.

Obwohl proprietär, hatten wir QuickTime in die engere Wahl genommen, da das Format und vor allem das Browser-Plugin, mit dem QuickTime-Filme im Web betrachtet werden können, weit verbreitet ist.

Aus einer 160 MB großen VRML-Datei konnten wir ein etwa 20 MB großes QuickTime-Movie erzeugen, das sich auch ziemlich problemlos – eine schnelle Datenleitung vorausgesetzt – im Browser einbinden und betrachten ließ.

Da QuickTime VR tatsächlich nur vorgerenderte Bilder liefert, ist diese Darstellung nur für eine Voransicht und zu Präsentationszwecken geeignet (wenn es uns gelingt, das Problem der fehlenden Farbdarstellung zu lösen).

Für diese Anwendungsfälle ist es dann unter Umständen sicher sinnvoll, eine verkleinerte Darstellung zu wählen, um die Dateigröße weiter zu reduzieren.



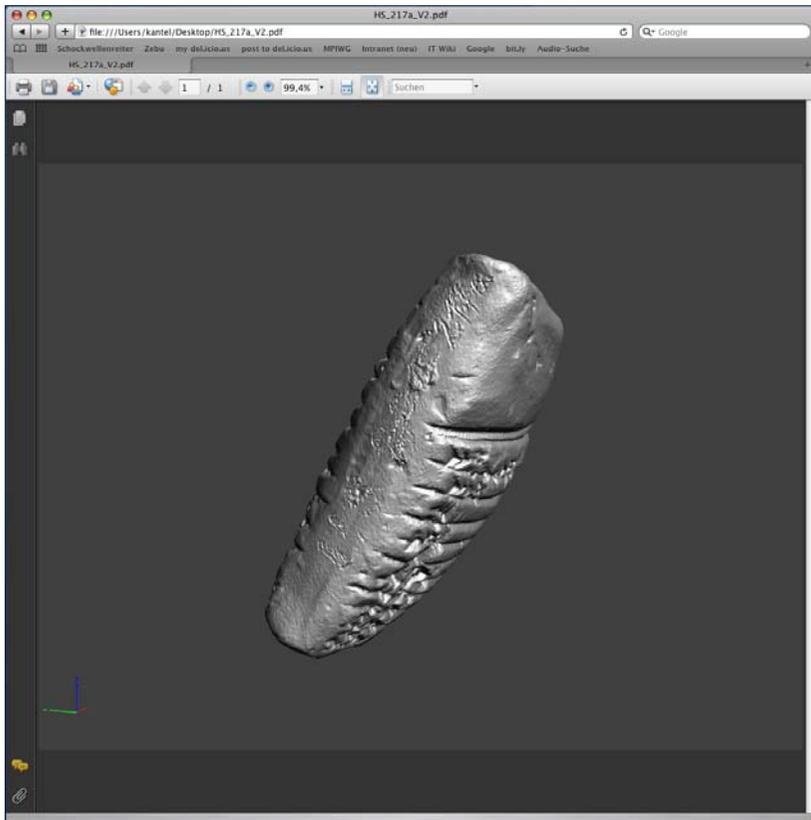
**Abb. 7: Die Tafel HS 217a im QuickTime Viewer. Leider gingen schon vorher die Farbinformationen verloren.**

### 8.1.2 PDF 3D

Seit der Version 7 ist es möglich, dreidimensionale Objekte in das bekannte PDF (*Portable Document Format*) der Firma Adobe einzubinden und zu betrachten. Hierzu benötigt man zur Konvertierung die Software *Adobe Acrobat Professional Extended*, in unserem Fall in der Version 9. Auch diese Software war nicht in der Lage, die PLY-Dateien einzuladen, der Computer stürzte jedesmal mit einem *out of memory-Fehler* ab. Aber auch die VRML-Dateien brachten ähnliche Probleme. Erst auf einem 64-Bit-Rechner mit 20 GB Hauptspeicher gelang uns die Konvertierung. Leider ging auch hier die Farbinformation beim Konvertieren verloren (aus vermutlich ähnlichen Gründen wie bei Cinema 4D).

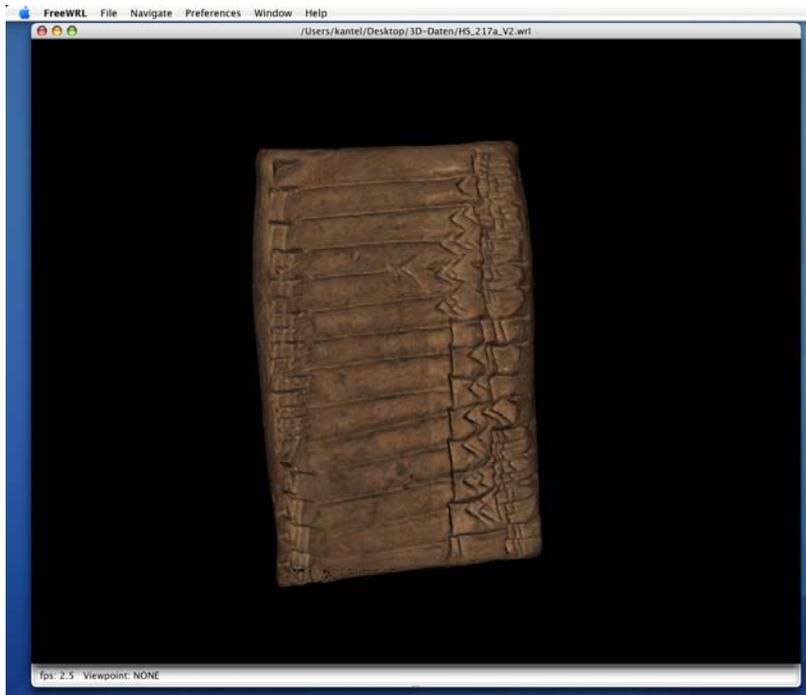
Dafür war dann der Komprimierungsfaktor sehr eindrucksvoll. 160 MB VRML wurden zu 4 MB PDF heruntergerechnet. Das liegt sicherlich an der Technik, die Adobe *Live Rendering* nennt und die dann auch gleich die Nachteile dieses Formats zeigte. Zwar ist der Download der PDF-Datei sehr

schnell, doch beim ersten Aufruf rechnet die Software bis zu mehreren Minuten, bevor sie die erste Darstellung der Tafel zeigt. Weitere Bearbeitungen, wie zum Beispiel Drehen oder Einzoomen, gehen dann aber ziemlich flott von der Hand.



**Abb. 8: Die Tafel HS 217a in PDF 3D (angezeigt im Safari mit Hilfe des PDF-Plugins). Auch hier (noch?) ohne Farbinformationen.**

PDF 3D kann sowohl im aktuellen Adobe Reader wie auch in dem entsprechenden Browser-Plugin eingeladen und gelesen werden. Daher ist auch dies ein vielversprechender Ansatz für die Darstellung im Web, den wir weiter verfolgen werden.



**Abb. 9: Die Tafel HS 217a als VRML-Datei, angezeigt in FreeWRL auf einem Macintosh-Computer**

## **8.2 Aufbereitung der Daten für den Desktop**

Kommen wir nun zur Aufbereitung der Daten für den Desktop, da – wie wir oben gesehen haben – ein sinnvolles Arbeiten mit den eingescannten dreidimensionalen Keilschrifttafeln nur hier möglich ist. Dabei interessiert uns im Folgenden weniger der im *Szenario 3* genannte *Desktop Worker* (s. Abb. 6), der wird – als 3D-Spezialist – schon wissen, wie er die von uns zur Verfügung gestellten Dateiformate PLY und VRML in das Format seiner Wahl konvertieren kann, sondern der in der gleichen Abbildung *Desktop Viewer* genannte Fachwissenschaftler, der die Objekte betrachten, lesen und interpretieren will (*Szenario 2*).

### **8.2.1 FreeWRL**

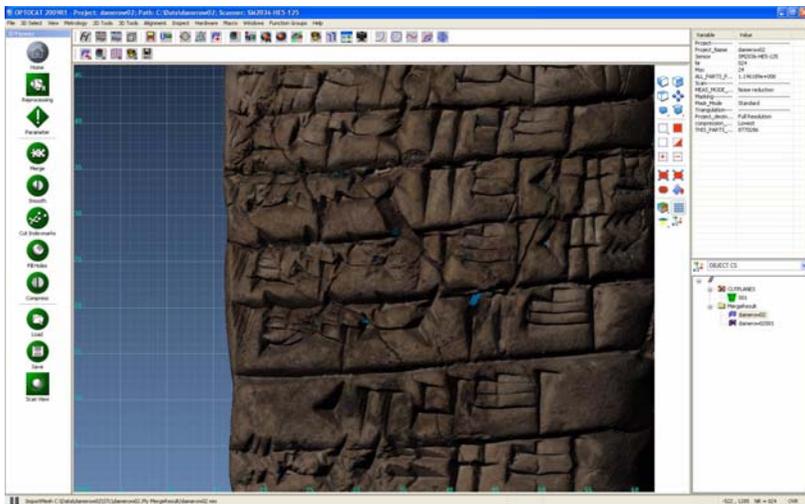
FreeWRL ist ein freier, unter einer Open-Source-Lizenz (GPL) stehender Viewer für VRML und X3D-Dateien. Es gibt Versionen für MacOS X und

Linux, eine Version für Windows ist schon seit einer geraumen Anzahl von Jahren angekündigt, aber nie erschienen. Das Programm kann unter *freewrl.sourceforge.net* heruntergeladen werden.

FreeWLR war der erste Beweis dafür, dass die von uns mit Hilfe der Breuckmann-Software erzeugten VRML-Dateien auch tatsächlich die Farbinformationen enthielten, denn die Software zeigte diese anstandslos an.

Ansonsten ist der Funktionsumfang dieses Programms eher beschränkt und gerade einmal für eine schnelle Vorabansicht der Tafeln geeignet, falls gerade kein anderes Programm zur Verfügung steht.

## 8.2.2 OPTOVIEW



**Abb. 10: Der Viewer der Breuckmann-Software: hochkomfortabel und unglaublich schnell**

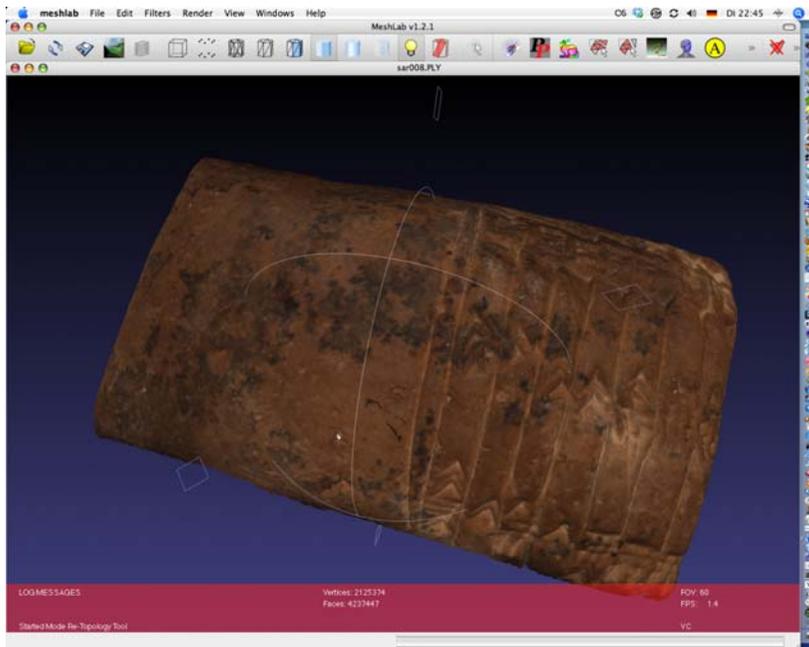
Auf Anforderung des MPIWG wurde für uns von der Firma Breuckmann eine abgespeckte Version ihrer Software entwickelt und zur Verfügung gestellt, die als Desktop-Viewer funktioniert. Dieses, *OPTOVIEW* genannte Programm kann von uns frei (frei wie Freibier, also nicht unter einer Open-Source-Lizenz) an Interessierte weitergegeben werden.

OPTOVIEW überzeugt vor allem durch die Geschwindigkeit, mit der die gerenderten Keilschrifttafeln angezeigt werden, und durch die Möglichkeit, komfortabel und intuitiv bis zu vier Lichter an unterschiedlichen Orten, mit unterschiedlicher Helligkeit und in verschiedenen Farben (falls das

gewünscht wird) zu setzen. Auch die übrige Bedienung weist die von uns gewohnte Breuckmann-Qualität hinsichtlich der Benutzerführung und Schnelligkeit auf. Das Programm wäre daher eigentlich das *non plus ultra*, das man sich für die Darstellung der eingescannten Keilschrifttafeln wünschte. Nur ... es läuft ausschließlich unter Windows.

### 8.2.3 MeshLab

So hielten wir nach weiteren Alternativen Ausschau und glauben, mit *MeshLab* eine vielversprechende Open-Source-Lösung gefunden zu haben.



**Abb. 11: MeshLab, die Open-Source-Alternative**

Die Software ist eine Entwicklung des *Instituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione „A. Faedo“* im *Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISTI-CNR)*. Sie kann unter [meshlab.sourceforge.net](http://meshlab.sourceforge.net) kostenlos heruntergeladen werden und unterliegt ebenfalls der GPL. Es existieren Versionen für Windows, MacOS X, Linux und diverse UNIX-Derivate.

Es gibt eigentlich nur zwei Punkte, bei denen MeshLab der Breuckmann-Lösung unterlegen ist: Einmal besteht nur die Möglichkeit des Setzens **einer** Lichtquelle und das auch noch ziemlich unkomfortabel, und zum anderen

erschwert das Fehlen eines Handbuchs (ein Schwachpunkt vieler Open-Source-Projekte) das Erlernen des Umgangs mit der Software. Auf der anderen Seite bietet MeshLab viele Möglichkeiten der Filterung und Nachbearbeitung, die wir bisher noch nicht erforscht haben, die aber gerade für die Analyse der Keilschrifttafeln durchaus hilfreich sein könnten. Hier stehen wir erst am Anfang weiterer Tests.

### **8.3 Noch zu prüfende Möglichkeiten und weitere Ideen**

Auch wenn die bisherigen Ergebnisse unserer Evaluationen gezeigt haben, dass es nicht unmöglich ist, dreidimensionale Daten auch größeren Umfangs, wie sie beim hochaufgelösten Scannen der Keilschrifttafeln entstehen, sowohl im Netz wie auch auf dem Desktop zu präsentieren und zur wissenschaftlichen Arbeit zu nutzen, haben wir sicher noch nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Auf unserer Agenda der zu prüfenden Optionen steht noch das Flash-3D-Format, mit dem man ebenfalls *3D-Thumbnails* für das Web erzeugen können soll, wie die 3D-Programme *3D Studio Max*, Googles *SketchUp* und die Produkte der *AutoCad*-Familie, eines kommerziellen (Quasi-)Industriestandards. Sie nutzen wiederum eigene Dateiformate, nämlich 3DS, DXF und KML. Gerade die beiden letztgenannten könnten noch interessant werden, da sie einmal Textrepräsentationen der 3D-Daten abspeichern (DXF als ASCII, KML als XML) und sie zum anderen vom Hersteller offengelegt und freigegeben, resp. im Falle von KML sogar zum ISO-Standard erhoben wurden.

Zum anderen besteht gerade für die Darstellung im Web auch noch die Möglichkeit, die 3D-Daten auf einem Server berechnen zu lassen und nur die angeforderten Ausschnitte zum Client, d. h. zum Browser, auszuliefern. (Diese Idee verdanken wir Gerd Graßhoff von der Universität Bern, dessen *digilib* – die auf diese Art sehr hochaufgelöste zweidimensionale Bilder ausliefert – dafür Pate gestanden hat.) Als Basis könnte man zum Beispiel eine der freigegebenen *3D Game Engines* (wie zum Beispiel *Unreal Tournament*) verwenden, die von vorneherein dafür ausgelegt sind, mit großen Meshes zu hantieren. Aber während die Evaluierung der im ersten Absatz genannten Produkte sicher bald erfolgen wird, ist dies noch Zukunftsmusik.

## **9. Wie weiter?**

Zur Zeit stehen der Scanner sowie ein Scan- und ein Post-Processing-Rechner in Jena in der Hilprecht-Sammlung am Institut für Sprachen und Kulturen des Vorderen Orients der Friedrich-Schiller-Universität. Die Hilprecht-Sammlung ist mit über 3.300 Keilschrifttafeln nach der Sammlung des Vorderasiatischen Museums in Berlin die zweitgrößte Sammlung solcher

Objekte in Deutschland. Als erstes werden dort möglichst viele der dort vorhandenen mathematischen Texte eingescannt. Wir hoffen, mit den dort gewonnenen Erfahrungen weitere Fortschritte mit der vielversprechenden Technik machen zu können.

Außerdem hatten wir – angeregt durch die Resonanz auf dem DV-Treffen – zusammen mit dem Kunsthistorischen Institut (KHI) der MPG in Florenz und dem Institut für Sprachen und Kulturen des Vorderen Orients an der FSU Jena einen Workshop zu 3D in den MPIen durchgeführt. An diesem Workshop nahmen fünf Institute der MPG, die *Max Planck Digital Library* (MPDL) und zwei Institutionen außerhalb der MPG teil. In unseren Augen war dieser Workshop ein großer Erfolg, der uns auch inhaltlich und technisch weiterbrachte, und das KHI wird in 2010 zusammen mit dem MPIWG einen Nachfolge-Workshop in Florenz durchführen.

## **10. Fazit**

Momentan kann das dreidimensionale Scannen von Keilschrifttafeln nur als zusätzliche Option betrachtet werden. Dies ist allerdings kein prinzipielles Problem, sondern alleine der benötigten Rechenleistung geschuldet. Eine der Mitautorinnen, Christina Tsouparopoulou, hatte während der Einführungsphase des Scanners in einer Aktion in Leyden in 14 Tagen ca. 1.000 Keilschrifttafeln zweidimensional eingescannt. In diesem Zeitraum sind – unter allen günstigen Voraussetzungen und unter Nichtberücksichtigung des Post-Processings – bestenfalls ein Fünftel davon (also 200 Tafeln) dreidimensional einzuscannen.

Aber wie wir alle wissen, ist der Fortschritt in der Rechentechnik enorm. Und so vermuten wir, dass unsere Erfahrungen schon in wenigen Monaten nützlich sein können, wenn sich die Geschwindigkeit des Scan- und Bearbeitungsprozesses aufgrund schnellerer Technik beschleunigt hat. So hat das Projekt momentan noch den Status eines Piloten, aber wir sind der Überzeugung, dass in nicht allzu ferner Zukunft der dreidimensionale Scan für Objekte wie „unsere“ Keilschrifttafeln die Regel werden wird. Die Ergebnisse sind unserer Ansicht nach einfach überzeugend.

## 11. Danksagung



**Abb. 12: Das Team (von rechts nach links): Peter Damerow (MPIWG, CDLI), Sarah Köhler (Universität Jena, Hilprecht-Sammlung), Jörg Kantel (MPIWG), Christina Tsouparopoulou (CDLI – nicht im Bild). Foto: Matthias Schemmel**

Wir danken Manfred Krebernik von der Hilprecht-Sammlung in Jena für die großzügige Unterstützung des Projekts und die Erlaubnis, die Objekte der Sammlung einscannen zu dürfen. Und wir danken Sebastian Schröder vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin für die Hilfe sowohl bei der Evaluierung der diversen Scanner als auch bei der Untersuchung der diversen desktop- und webbasierten Viewer für 3D-Objekte. Ein weiterer Dank geht an den Leiter der Bibliothek des MPIWG, Urs Schoepflin, nicht nur für die Überlassung und Herrichtung eines der knappen Räume am Institut, in dem wir unsere ersten Scan-Versuche unternehmen durften, sondern auch für Personalmittel, die er aus seinem Etat für das Projekt bereitstellte. Er hat unsere Arbeit immer kritisch, aber wohlwollend begleitet.

Und nicht zuletzt danken wir Frau Christiane Bathow von der Firma Breuckmann, die als für uns zuständige Mitarbeiterin das Projekt immer hilfreich und engagiert unterstützt und sich einige lange Tage (und Abende) um uns gekümmert hat. Ohne sie wären wir nicht dort, wo wir heute stehen.

Für die Mitorganisation des 3D-Workshops in Jena danken wir noch einmal  
Manfred Krebernik aus Jena und Ute Dercks vom KHI in Florenz.

---

---

# **GSM – OpenBTS & Co.: Mobilfunknachbau leicht gemacht – Sicherheitserwägungen**

**Dirk von Suchodoletz**

*Lehrstuhl für Kommunikationssysteme am Institut für Informatik,  
Rechenzentrum der Universität Freiburg*

## **1. Einleitung**

Mobilfunknetze haben sich als Technologie rasend schnell durchgesetzt und es gibt kaum Gebiete auf dieser Welt, wo GSM nicht verfügbar wäre. Fast jeder Mensch trägt ein Mobiltelefon mit sich herum: Dieses garantiert ihm einerseits eine ständige Erreichbarkeit, andererseits jedoch besteht derzeit kaum eine bessere Möglichkeit, umfangreiche Bewegungsprofile zu erstellen und dabei eigentlich immer genau zu wissen, mit welcher Zielperson man es zu tun hat. So besitzt rein rechnerisch jeder in Deutschland ein Mobilfunkgerät, jedoch ohne tiefgreifendes Wissen ob seiner Funktionsweise oder den Implikationen seiner Nutzung. Die Verteilung des Wissens um GSM war bisher durch eine erhebliche Asymmetrie gekennzeichnet: Eine Zahl von Benutzern fast in Höhe der Wohnbevölkerung steht wenigen, in erster Linie bei den Providern und spezialisierten Firmen konzentrierten Experten gegenüber.

Open-Source-Software trug signifikant zur Demokratisierung und Popularisierung des Internets ab Mitte der 1990er Jahre bei. Dieses wiederholt sich seit zwei Jahren nun auch im Bereich der Kommunikationstechnologien GSM, DECT oder RFID (Welte, 2009). Während es deshalb sehr leicht fällt, Vorlesungen zum Thema Computernetze und Internet mit praktischen Demonstrationen und Aufgaben zu untermauern, blieb der Teil der Veranstaltungen zu den Mobilfunknetzen eher theoretisch. Mit dem Aufkommen geeigneter General-Purpose-Hardware zur Entwicklung drahtloser Datenübertragungsverfahren und Softwarepaketen wie GnuRadio, Asterisk und OpenBTS ändert sich die Situation. Im Folgenden werden einige dieser Projekte näher beleuchtet und gezeigt, wie man diese für praktische Demonstrationen nutzen kann. Sie bilden gleichzeitig die Grundlage, sich mit Sicherheitsbetrachtungen im Mobilfunk zu beschäftigen. Dass drahtlose Kommunikationstechnologien nicht ohne Risiko sind, bewiesen die Anfänge des WLANs. Anders als das drahtgebundene Ethernet oder der analoge Telefonanschluss brauchen drahtlose Netze einen anderen Schutz vor dem Mitlauschen durch Dritte. Während die kabelgebundenen Verfahren durch den oft nicht trivialen Zugriff auf die Leitungen noch verhältnismäßig einfach zu schützen sind, breiten sich Funkwellen vergleichsweise unkontrolliert aus. Angreifer benötigen daher keinen direkten physischen Zugang zur Netzwerkhardware, sondern brauchen lediglich ihre eigene Empfangstechnik. Der von der Industrie entwickelte und nicht wirklich gründlich überprüfte WEP-Standard hielt dann auch nicht lange den Angriffen stand. Weitere funkbasierte Techniken wie GSM, DECT oder RFID, die zahlenmäßig fast noch verbreiteter als WLANs sind, sorgten dann ebenfalls für einige Schlagzeilen (Tews, 2009) und sind regelmäßig Thema auf den einschlägigen Sicherheitskongressen (CCC, 2009).

## **2. Die neue Ortslosigkeit**

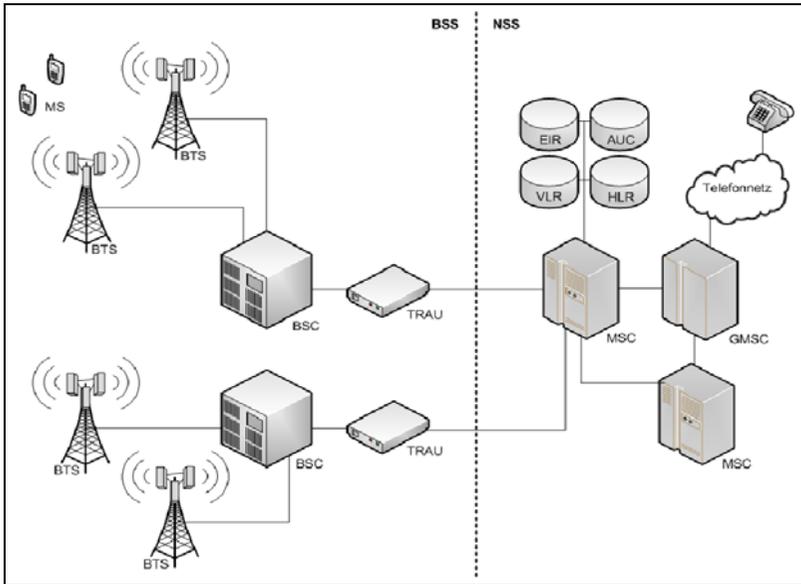
Die mobile Telekommunikationslandschaft hat sich in den letzten 20 Jahren signifikant demokratisiert. Verfügte früher eine sehr überschaubare Elite aus Politik und Wirtschaft über die Möglichkeit, im gewissen Rahmen mobil zu telefonieren, so ist die Zahl der aktiven SIMs in Deutschland höher als die der Einwohner.

Die alte drahtgebundene Welt war deutlich einfacher, sowohl aus Sicht der Nutzer dieser Technologie als auch von regulatorischer Seite. Der Betreiber des Netzes war der Staat, die Privatsphäre der Netznutzer wurde durch das Fernmeldegeheimnis quasi per Amt geschützt. Der Status-Quo wurde durch die Liberalisierung und Privatisierung der Telefonnetze und den Aufbau des öffentlichen Mobilfunks aufgehoben. Statt genau eines staatlichen Anbieters

gingen nach dem gemeinsam definierten Standard GSM Anfang der 1990er Jahre in den europäischen Staaten typischerweise mehrere unabhängige Provider an den Start.

Der durch die Liberalisierung angestoßene Preisverfall und die neue Freiheit der ständig möglichen Kommunikation haben den Mobilfunknetzen ein rasantes Wachstum beschert und in den meisten Ländern die Zahl der Mobilfunkteilnehmer weit über die Zahl der Besitzer eines Festnetzanschlusses hinauswachsen lassen. Einfache Endgeräte sind inzwischen für kleine zweistellige Eurobeträge erhältlich, so dass insbesondere die Zahl der Mobilfunkteilnehmer in Schwellen- und Entwicklungsländern in den letzten paar Jahren exponentiell gewachsen ist.

Mobilfunknetze zur Telekommunikation eröffnen ganz neue Freiheiten. Ein Teilnehmer im Netz kann zu jedem Zeitpunkt, zu dem er sein Mobiltelefon eingeschaltet hat, Telefonate unter einer einheitlichen Rufnummer ortsunabhängig empfangen und absetzen. Hierzu meldet sich das Mobiltelefon beim „Betreten“ des Netzes und regelmäßig bei Ortswechseln über einen bestimmten Radius hinaus bei der Infrastruktur an und nimmt ein Location Update vor. Dazu wird seine weltweit eindeutige ID genutzt, die auf der SIM-Karte, einer kleinen autonomen Kryptohardware, gespeichert ist. An diese ID ist – für den Teilnehmer der zentrale Aspekt – die Telefonnummer geknüpft, mittels der er erreicht werden kann. Dieses Konzept der Trennung von Mobilfunkhardware und der Authentifizierungs- und Kryptoeinheit in Form der SIM war eine wesentliche Innovation der neuen digitalen Mobilfunknetze.



**Abb. 1: Die GSM-Infrastruktur gliedert sich in das Base Station Subsystem (BSS), welches alle Komponenten der Luftschnittstelle umfasst, und das Network Subsystem, das die Hintergrunddatenbanken und die Gateways in das Festnetz beinhaltet.**

Durch weltweite Roaming-Abkommen – die Interoperabilität anfangs der europäischen, später auch weltweiter Mobilfunknetze ist ein zentraler Aspekt des Standards – bleibt die Erreichbarkeit auch außerhalb nationaler Grenzen erhalten. Dieses hat beträchtliche Implikationen für die Netzbetreiber, Nutzer und weitere eventuell an der Kommunikation interessierte Kreise wie beispielsweise die Strafverfolgung. Das Kommunikationsnetz des jeweilig genutzten Anbieters muss wissen, wo sich einzelne Teilnehmer aufhalten, um diese im Bedarfsfall, wie eines ankommenden Anrufs oder einer eintreffenden SMS, erreichen zu können, womit auch außerhalb des Netzes des eigenen Providers Standortinformationen anfallen.

### 3. Sicherheit in drahtlosen Netzwerken

GSM löste die europaweit meist unterschiedlichen Vorgängertechnologien mit dem erklärten Ziel ab, die Abhörsicherheit der mobilen Telekommunikation zu gewährleisten. Lange Zeit widersprach kaum jemand den von den beteiligten Konsortien diesbezüglich aufgestellten Behauptungen.

Ausgedehnte drahtlose Infrastrukturen sehen sich ganz anderen Anforderungen als drahtgebundene gegenüber. Während bei letzteren sich der physische Zugriff leicht reglementieren und gut überschauen ließ, sind Funkwellen selbst wenn sie für die eigentlichen Geräte wie Mobiltelefone ab einem bestimmten Abstand nicht mehr nutzbar sind, noch in sehr großen Entfernungen mit geeigneter Verstärkertechnik empfangbar. Die bequemen Zeiten der scheinbaren Sicherheit sind vorüber: Während lange Zeit das technische Equipment und Interesse nicht geweckt war, hat sich der Wind inzwischen gedreht. Immer größere Rechenleistungen auf kompakten Geräten und eine Reihe spezieller Hardwarekomponenten (s. Abb. 2) haben die verschiedenen Funkstandards auf dem Radar der Sicherheitsexperten auftauchen lassen.



**Abb. 2: Das USRP der Firma Ettus Research, das um einen externen Zeitgeber zur Verbesserung der Empfangs- und Sendegenauigkeit auf den GSM-Bändern ergänzt wurde.**

Generell lassen sich verschiedene Klassen von Angriffen mit unterschiedlichen Auswirkungen identifizieren. Für den GSM-Nutzer steht neben der Abhörbarkeit seine Anonymität gegenüber Dritten auf dem Spiel. Die über einen längeren Zeitraum gespeicherten Bewegungsdaten könnten schon an sich als problematisch empfunden werden, selbst wenn sie den eigenen Provider nie verlassen. Die potenzielle Weitergabe an interessierte Dritte wie Behörden, Sicherheitsdienste oder Werbetreibende ist dabei sicherlich nur ein Problem. Weitere Angriffe beschäftigen sich mit der SIM oder dem Brechen der in GSM eingesetzten Verschlüsselungsalgorithmen wie dem A5

(Nohl, Paget 2009). Der Fokus soll hier jedoch nicht auf kryptografischen Problemen und möglichen Angriffen liegen, sondern die leichte Zugreifbarkeit der Luftschnittstelle thematisieren, die Angriffe auf den A5 erst praktisch relevant werden lässt.

#### **4. Komponenten eines GSM-Netzes**

Ein Mobilfunknetz (s. Abb. 1) nach dem GSM-Standard besteht aus drei logischen Einheiten, in denen nicht zwingend alle Komponenten implementiert sein müssen, um ein funktionsfähiges System zu betreiben. GSM besteht einerseits aus den Mobile Stations (MS, Mobilfunkteilnehmer) und der fest installierten GSM-Infrastruktur, die sich in Network Subsystem (NSS) und Base Station Subsystem (BSS) unterteilen lässt. Das BSS realisiert die Verbindung zwischen den Mobilstationen und dem vermittlungstechnischen Teilsystem. Das BSS-System verwaltet die Funkfrequenzen und besteht aus den Komponenten BTS, BSC und TRAU. Ein BSC (Base Station Controller) steuert meist einige 10 bis einige 100 BTS (Base Transceiver Stations). Eine zum Festnetz hin zwischengeschaltete TRAU (Transcoding and Rate Adaption Unit) übernimmt die Übersetzung der komprimierten GSM-Codecs auf unkomprimierte ISDN-PCM-Datenströme.

In einem GSM-Netz übernimmt das NSS die vermittlungstechnischen Aufgaben, zu denen das Durchschalten der Funkkanäle auf Festnetze wie ISDN gehört. BSCs einer Location Area (LA) sind hierzu mit dem MSC (Mobile Switching Center) verbunden, welches Zugriff auf verschiedene Datenbanken hat. Hierzu zählen das VLR (Visitor Location Register) zur temporären Benutzerverwaltung, das AUC (Authentication Center) zur Benutzerauthentifizierung und das HLR (Home Location Register). Das MSC unterstützt diverse Dienste für die Datenübertragung und den Kurznachrichtendienst SMS sowie das Routing von Fremdnetzen hin zur Mobilstation.

#### **5. Verschiedene Ansätze**

Da es sich bei GSM um ein offenen Industriestandard handelt, sind die Standardisierungsdokumente für jeden einsehbar. Es existieren daher keine generellen Beschränkungen, eigene GSM-Implementierungen zu entwickeln. Diese Offenheit hat ja erst zur starken Verbreitung und weltweit hohen Akzeptanz auf der einen Seite und ein kompetitives Umfeld sowohl bei den Endgeräten als auch der Infrastruktur auf der anderen Seite geführt.

Im Augenblick befassen sich zwei Open-Source-Projekte mit GSM-Implementierungen, wobei sich ihre Herangehensweisen unterscheiden. Das OpenBTS-Projekt (OpenBTS 2009) auf der einen Seite setzt auf einen

generischen, schnellen AD-Wandler für mehrere Kanäle, wobei der Hauptteil der (De-)Kodierung, (De-)Modulation und Steuerung in Software übernommen wird. Das wurde durch die gestiegene Rechenleistung heutiger Computer ermöglicht. Deshalb benötigt man nicht mehr unbedingt spezialisierte GSM-Hardware, sondern kann mit generischen Geräten arbeiten, die beispielsweise für die Entwicklung, das Prototyping und Debugging angeboten werden.

Eine solche Geräteklasse bietet beispielsweise die US-amerikanische Firma Ettus Research mit den Universal Software Radio Peripherals an. Beim USRP (s. Abb. 2) und der schnelleren Weiterentwicklung USRP2 handelt es sich um schnelle AD-Wandler mit mehreren Kanälen. Diese können in einem weiten Frequenzbereich eingesetzt werden, der die verschiedenen Bänder des Mobilfunks umfasst.

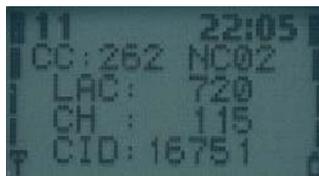
Diese verbinden zu einem Rechner via USB oder Ethernet zur weiteren Signalverarbeitung. An dieser Stelle übernehmen die Open-Source-Bibliotheken des GNU-Radio-Projekts (GNU Radio 2009). Sie liefern alle notwendigen Bausteine für die drahtlose Kommunikation in Software. Hierzu zählen Bausteine für die Signalverarbeitung wie optimierte Filter, FFTs, Equalizer, Synchronisation, verschiedene Modulationsarten (GMSK, PSK, QAM, OFDM), Scheduling und Fehlerkorrekturcodes (Reed-Solomon, Viterbi, Turbo Codes). Applikationen können in C++ oder Python geschrieben sein, diese Bibliothek einbinden und die Komponenten dynamisch miteinander verknüpfen.



**Abb. 3: Der Fokus von OpenBSC liegt auf der GSM-Infrastruktur. Es setzt dazu neben anderem auf die Originalhardware von Siemens (BS-11), die Ende der 1990er Jahre an Mobilfunkprovider vertrieben wurde.**

Damit lässt sich eine Reihe verschiedener Projekte verwirklichen: Anfängen von Experimenten zu DAB, RFID-Scannern bis hin zur Analyse von WLAN oder eben Mobilfunk. Abhängig von Frequenzband, Modulations- und Multiplexverfahren kann es sinnvoll sein, mit einem externen, stabilisierten Zeitgeber zu arbeiten. OpenBTS nutzt diese Grundlagen, um darauf basierend die notwendige BTS-Funktionalität und die darüber hinaus benötigte Basisinfrastruktur abzubilden.

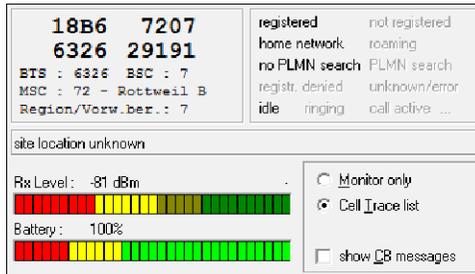
OpenBSC (OpenBSC 2009) auf der anderen Seite ist eine freie Base-Station-Controller-Implementation, bestehend aus einer Sammlung verschiedener Programme, die nach der GSM-Spezifikation 08.5x und 12.21 das A-bis-Protokoll implementiert. Es nutzt einen alternativen Ansatz und verwendet im Gegensatz zu OpenBTS originale Hardware für die Luftschnittstelle, beispielsweise die älteren Siemens BS-11 (s. Abb. 3) oder die ip.access nanoBTS. Eine E1-mISDN-Karte dient der Ansteuerung. Ziel des Projekts liegt in der Umsetzung einiger Basisfunktionalitäten der BSC, MSC und HLR. Zum Zeitpunkt des Vortrags war nur ein Teil der Infrastrukturkomponenten realisiert. Es ist aber eine aktive Weiterentwicklung zu verzeichnen, so dass inzwischen SMS und Handover funktionieren.



**Abb. 4a,b: Die Firma Nokia vergaß im 3310 (und anderen Geräten mit DCT3 Firmware) das Monitorinterface zu deaktivieren, welches Zugriff auf diverse GSM-Chip-Infos direkt über das Menü des Telefons erlaubt.**

Als hilfreich zur Realisierung der genannten Projekte und für tieferegehende Analysen von GSM-Netzen erweisen sich weitere Projekte wie Netzwerkmonitore und Spektrumsanalysen als hilfreich. Diese lassen sich mit ver-

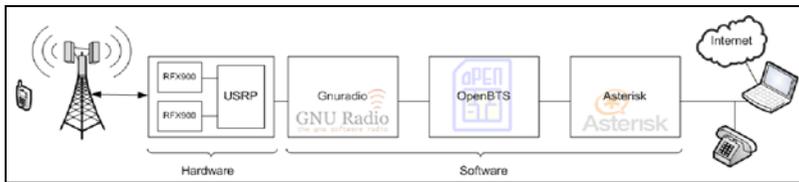
schiedener Hardware umsetzen. So besitzen beispielsweise einige ältere Nokia-Telefone (s. Abb. 4) einen eingebauten Netzwerkmonitor, der sich mittels spezieller Konfigurationssoftware freischalten lässt (Bertsch 2009). Mittels dieses Monitors lassen sich Parameter wie Kanalzuteilung, Leistungsregelung, Cell-ID, Informationen über Nachbarzellen, Handover und weitere ermitteln, die in der Regel nicht ohne Weiteres einsehbar sind.



**Abb. 5:** Für das Siemens C35 existiert eine komfortable Windows-Software, die den Zugriff auf GSM-Chip-Infos wie Zelldaten, Signalstärken oder Nachbarzellen sichtbar machen kann.

## 6. OpenBTS – das Laptop als BSS

Das USRP-Setup in Kombination von GNU Radio und OpenBTS bildet die Soft- und Hardwaregrundlage des Air Interfaces von GSM und andere Funkstandards nach. Die Konfiguration als reine Empfangsanlage erlaubt den Aufbau eines passiven Netzmonitors. Für die GSM-Luftschnittstelle benötigt man einen kombinierten Sende- und Empfangskanal. Darauf aufbauend ist das eigene Mobilfunknetz noch um die Gesprächsvermittlung und Authentifizierung zu ergänzen. Ein BSC ist weitgehend unnötig, da im Augenblick mehrere OpenBTS-Zellen noch nicht miteinander interagieren können, um beispielsweise Handovers von MS durchzuführen. Ein MSC ist ebenfalls noch nicht vorhanden. Lediglich die Datenbanken VLR, HLR und AUC sind teilweise umgesetzt. So kann OpenBTS jedem Benutzer eine TMSI zuweisen (VLR), was einen ersten Schritt in Richtung zukünftiges Mobilitätsmanagement darstellt.



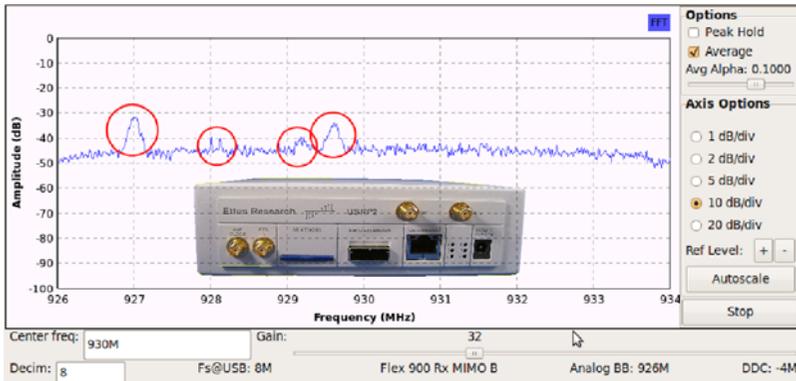
**Abb. 6: Digitalisierte Rohdaten werden durch den Computer mit Hilfe von GNURadio (de)kodiert, (de)moduliert und (de)multiplext. OpenBTS setzt darauf auf, um Basisfunktionen der BTS/BSC abzubilden.**

Hierin unterstützt wird OpenBTS durch die bereits bekannte und seit Jahren im VoIP erprobte Softwarevermittlungsstelle und Media-Gateway Asterisk. Sie identifiziert die in der Zelle angemeldeten Mobiltelefone anhand der IMSI auf der eingebauten SIM und verknüpft diese bei Bedarf mit einem internen SIP-Account. Die Mobilfunkzelle kann an die Außenwelt mit allen von Asterisk unterstützten Telefonieprotokollen angebunden werden. Die hierzu notwendige Konvertierung verschiedener Sprachcodecs (TRAU) wird ebenfalls durch Asterisk übernommen. Inzwischen realisiert OpenBTS einen einfachen SMS-Service, der es beispielsweise erlaubt, Begrüßungsmeldungen an sich einbuchende MS zuzustellen.

Um eine Funkzelle aktiv zu betreiben, die bis zu acht aktive Teilnehmer, bei deutlich mehr passiv angemeldeten Mobilgeräten akzeptiert, sind lediglich das USRP und ein durchschnittlich leistungsfähiges Laptop notwendig. Letzteres übernimmt die Signalko- und -dekodierung via GnuRadio und den Betrieb der Asterisk-Telefonanlage.

## 7. Debugging und Monitoring

Für Lehr-, Forschungs- und Demonstrationszwecke ist es hilfreich, wenn man die Datenkommunikation zwischen Endgeräten und Netzwerkkomponenten protokollieren und geeignet sichtbar machen kann. Hierbei hilft sowohl die Analyse des Netzwerkverkehrs in realen GSM-Netzen als auch die Untersuchung des Verhaltens von OpenBTS oder OpenBSC. Mit geeigneten Setups kann man so Informationen zu verschiedenen Funkzellen ermitteln, aber auch ganze Prozessabläufe wie das Einbuchen eines Mobilfunkteilnehmers, den Aufbau eines ausgehenden Gespräches, Zellwechsel oder das Senden einer SMS beobachten.



**Abb. 7: Einsatz von GNU Radio und USRP2 in der Spektrumsanalyse zum Aufspüren von GSM-Basisstationen in einem bestimmten Frequenzband.**

Zur Analyse der physikalischen Netzwerkschicht eignen sich Komponenten von GNU Radio. Hierzu zählen Oszilloskop, Spektrumsanalysator oder FM Radio-Empfänger. Für GSM interessant ist beispielsweise ein Software-Spektrumsanalysator (`usrp_fft.py`). Dieser kann zur ersten Untersuchung der Frequenzbänder genutzt werden, um aktive Base Transceiver Stations am entsprechenden Standort sichtbar zu machen (s. Abb. 7).

Für Analysen auf höheren Netzwerk-Layern bietet sich die Softwaresammlung AirProbe an (CCC Berlin 2009). Dieser GSM-Sniffer des Chaos Computer Clubs hat zum Ziel, GSM-Daten, in Zukunft vielleicht auch UMTS-Daten, auf dem Air-Interface zu analysieren. AirProbe gliedert sich in drei Teilbereiche: Erfassung von Daten, Demodulation und Analyse (s. Abb. 8). Im ersten Schritt wird die Frequenz einer aktiven BTS mit der eingangs genannten Methode ermittelt. Anschließend wird ein Mitschnitt auf dieser Frequenz vorgenommen. Dieser kann dann analysiert und dekodiert werden (s. Abb. 8). Typischerweise lassen sich aus den regelmäßig gesendeten Broadcast-Informationen Parameter wie Mobile Country sowie Network Code, Ordinary Subscribers und Emergency Call extrahieren. Ebenso wie bei AirProbe muss vorher eine aktive Frequenz ermittelt werden, die über eine gute Signalstärke verfügt.

```

HEX l2 data out Bbis:462 Format Bbis DATA
000: 49 06 1b d7 c6 62 f2 30 - 02 4c c9 05 78 46 65 03
001: 94 00 00 89 1f 40 4b
  0: 49 010010-- Pseudo Length: 18
  1: 06 0----- Direction: From originating site
  1: 06 -000--- 0 TransactionID
  1: 06 ----0110 Radio Resource Management
  2: 1b 00011011 RRSystemInfo3C
  3: d7 55238 [0xd7c6] Cell identity
  5: 62 262 Mobile Country Code (Germany)
  6: f2 03f Mobile Network Code (E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG)
  8: 02 588 [0x024c] Local Area Code
  10: c9 1----- Spare bit (should be 0)
  10: c9 1----- MSs in the cell shall apply IMSI attach/detach procedure
  10: c9 --001-- Number of blocks: 1
  10: c9 ----001 1 basic physical channel for CCCH, combined with SDCCHS
  11: 05 00000--- spare bits (should be 0)
  11: 05 ----101 7 multi frames period for paging request
  12: 78 01111000 T3212 Timeout value: 120
  13: 46 0----- spare bit (should be 0)
  13: 46 -1----- Power control indicator is set
  13: 46 --00 --- MSs may use uplink DTX
  13: 46 ----0110 Radio Link Timeout: 28
  14: 65 011----- Cell Reselect Hyst. : 6 db RXLEV
  14: 65 ---xxxxx Max Tx power level: 5
  15: 03 0----- No additional cells in SysInfo 7-8
  15: 03 -0----- New establishm cause: not supported
  15: 03 --xxxxxx RXLEV Access Min permitted = -110 + 3dB
  16: 94 10----- Max. of retransmiss : 4
  16: 94 --0101-- slots to spread TX : 8
  16: 94 -----0- The cell is barred : no
  16: 94 -----0 Call reestabl.i.cell: allowed
  17: 00 -----0-- Emergency call EC 10: allowed
  17: 00 00000--- Acc ctrl cl 11-15: 0 = permitted, 1 = forbidden
  17: 00 -----00 Acc ctrl cl 8- 9: 0 = permitted, 1 = forbidden
  17: 00 -----0 Ordinary subscribers (8)
  17: 00 -----0 Ordinary subscribers (9)
  17: 00 -----0- Emergency call (10): Everyone
  17: 00 ---0--- Operator Specific (11)
  17: 00 ---0--- Security service (12)
  17: 00 --0---- Public service (13)
  17: 00 -0----- Emergency service (14)
  17: 00 0----- Network Operator (15)

```

**Abb. 8: Beispiel eines mit Airprobe mitgeschnittenen, dekodierten und analysierten Datenstroms einiger Sekunden Länge.**

Bei GSSM (CCC Berlin 2009) handelt es sich um ein weiteres Softwarepaket mit dem sich GSM Base Station Control Channels überwachen lassen. Hierzu kommt ein USRP(2) mit den zum gewünschten Frequenzband passenden Empfangskarten zum Einsatz. Die Analyse der mitgeschnittenen Pakete erfolgt mittels angepasstem Wireshark, das diese mittels eines virtuellen TUN-Interfaces bezieht. GNU Radio übernimmt dabei die Demodulation und Dekodierung (s. Abb. 8).

Eine vom USRP unabhängige Analysemethode nutzt das bereits weiter vorne genannte Nokia 3310 (s. Abb. 9). Mit diesem kann man GSM-Nach-

richten aus einem Gammu Trace Log extrahieren. Hierbei bekommt man die Signalisierungsprozesse auf Layer 2 (LAPDm) in Sende- und Empfangsrichtung zu sehen. Die Daten liest man mittels seriellem Datenkabel vom Gerät aus. Die so erzeugten XML-Dateien können mit Wireshark oder alternativ mit gsmdecode des Chaos Computer Clubs analysiert werden.

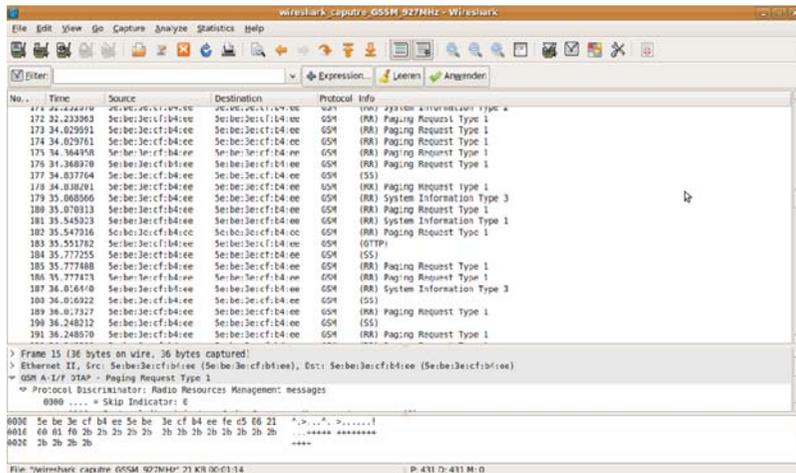


**Abb. 9:** Das Nokia 3310 mit DCT3 eignet sich für eine Reihe von Analysezwecken für das GSM Air-Interface. Die erzeugte Datenrate lässt sich gut via serieller Schnittstelle zum Computer übertragen.

## 8. Sicherheitsimplikationen

In den gezeigten Beispielen handelte es sich um unverschlüsselte Daten. Broadcast-Messages, die initiale Registrierung oder die Übermittlung von Messergebnissen der Kanalqualität lassen sich leicht identifizieren. Gesprächsaufbau und Gespräche selbst sowie SMS-Senden und -Empfang finden typischerweise verschlüsselt statt, so dass höherschichtige Datenströme nicht mehr einfach interpretiert werden können. Zur Verschlüsselung kommt der A5-Algorithmus zum Einsatz. Akademisch konnte zwar schon 1998 seine Angreifbarkeit gezeigt werden, jedoch war es damals nur sehr schwer möglich, an reale Datenströme heranzukommen. Im Laufe der Zeit wurden einige mathematische Schwachstellen in der Umsetzung gezeigt, was den Einsatz von Rainbow-Tables in Brute-Force-Angriffen attraktiv werden lässt. Zum Chaos Communication Congress 2008 wurde eine spezielle Hard-

ware zur Entschlüsselung mit COPACABANA (Güneysu et. al. 2008) demonstriert. Noch recht neu ist die Idee, mit verteilten Rainbow-Tables im Peer-to-Peer-Ansatz zu arbeiten (Krissler, Nohl 2009; Nohl, Paget 2009).



**Abb. 10: Wireshark bietet sich an, mit GSSM dekodierte GSM-Pakete sichtbar zu machen. Hier ist ein typischer Paging-Request zum Auffinden einer Mobile Station zu sehen.**

Ein weiteres Problem liegt darin, dass die Verschlüsselung der Verbindungen sich weitgehend auf der Luftschnittstelle beschränkt. Da in einem Teil der GSM-Hintergrundinfrastruktur unverschlüsselte Richtfunkverbindungen verwendet werden, könnten diese Ansatzpunkt von Abhörversuchen werden. Einzelne Gespräche sollten sich dabei als normale ISDN-Verbindungen identifizieren lassen (BSI 2009).

Die Authentifizierung im GSM-Netzwerk weist eine entscheidende Schwachstelle auf. Das Problem liegt darin, dass sich der Benutzer gegenüber dem GSM-Netzwerk ausweisen muss, die Infrastruktur jedoch nicht gegenüber dem Mobilfunkteilnehmer. Dieses eröffnet das Fenster für den Einsatz eines sogenannten IMSI-Catchers. Er schaltet sich zwischen das zu überwachende Endgerät und die GSM-Infrastruktur, indem es falsche Stationsdaten vorspiegelt und die Verschlüsselung der Luftschnittstelle deaktiviert. Normalerweise sollte das die Mobile Station signalisieren, diese Funktion kann jedoch per Flag auf der SIM abgeschaltet werden (Nohl, Paget 2009), was bei den meisten Mobilfunk-Providern leider der Fall ist. Ein IMSI-Catcher muss aufgrund der eingangs gezeigten Möglichkeiten

nicht mehr teuer beschafft werden, sondern kann von technisch versierten Anwendern selbst gebaut werden (Wehrle 2009).

Mit dem zunehmenden Verständnis der Schwachstellen von GSM lassen sich ganz neue Angriffsvektoren vorstellen. Bisher konnte die Over-the-Air-Konfiguration von Mobiltelefonen, die jeder Nutzer vom Einlegen einer neuen SIM in das Mobiltelefon kennt, als unproblematisch empfunden werden. In Zukunft wäre es vorstellbar, Mobiltelefone per SMS zu manipulieren oder zum Absturz zu bringen (Mulliner 2009). Hierzu könnte der Austausch von konfigurierten Gateways für SMS, MMS oder Internet zählen als auch die Manipulation der Firmware des Telefons (CCC Berlin 2009). Weitere Angriffsvektoren ergeben sich von der Seite der Endgeräte. So konnte gezeigt werden, dass sich durch modifizierte Mobile Stations Denial-of-Service-Angriffe auf GSM-Zellen durchführen lassen. Hierzu muss das Telefon noch nicht einmal authentifiziert sein. Es schickt lediglich eine hohe Folge von Kanalreservierungsanforderungen auf dem Random Access Channel und kann damit die verfügbaren Ressourcen auch sehr großer Zellen extrem verknapen (Spaar 2009).

## **9. Fazit**

Die Sicherheitsforschung rund um GSM hat mit der Entstehung gleich zweier Open-Source-Projekte zur GSM-Infrastruktur einen erheblichen Auftrieb erhalten. Die vorgestellten Softwareprojekte haben durchaus ehrgeizige Entwicklungsziele, so dass der Funktionsumfang beständig zunimmt und vielleicht irgendwann auch mal UMTS auf Basis des dafür ausreichend leistungsfähigen USRP2 in Angriff genommen wird. Früher oder später ist damit zu rechnen, dass auch Mobile Stations durch einen angepassten Open-BTS-Softwarestack und USRP abgebildet werden. Auf jeden Fall lassen sich auch jetzt schon eine Reihe sinnvoller Demonstrationen für Lehrveranstaltungen durchführen (Bertsch 2009).

Schön wäre es, wenn man den Empfehlungen des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI 2009) folgen könnte und ebenso wie die Bundesregierung Geräte beschaffen könnte, die eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung erlauben. Ebenso wäre es wünschenswert, wenn standardmäßig im Display des Mobiltelefons ein Hinweis auf nichtverschlüsselte Übertragung auf dem Air-Interface erfolgen würde.

Mit dem sich immer stärker durchsetzenden UMTS wurden zwar eine Reihe von Sicherheitsverbesserungen wie die gegenseitige Authentifizierung von Netz und Endgerät vorgenommen. Trotzdem wurden auch hier schon mögliche Angriffsszenarien gezeigt, die diesen Vorsprung dahinschmelzen lassen

(Meyer, Wetzel 2004). Generell kann man sehen, dass das alte Sicherheitsmodell des „Security-by-Obscurity“ nun auch im Bereich der Telefonie immer schlechter aufrecht zu erhalten sein wird.

Ein besonderer Dank geht an H. Bertsch und D. Wehrle für die vielfältigen Diskussionen und Einblicke sowie die Zurverfügungstellung einiger Grafiken. Ebenso möchte der Autor H. Welte für die Ideen und die Unterstützung der Diplomanden bei den GSM-Projekten danken.

## 10. Referenzen

Bertsch, H., 2009. OpenSource GSM BTS Setup für Demo-Zwecke. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <[http://www.ks.uni-freiburg.de/php\\_arbeitdet.php?id=154](http://www.ks.uni-freiburg.de/php_arbeitdet.php?id=154)>

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2009. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <[https://www.bsi.bund.de/ContentBSI/Publikationen/Broschueren/gsm/index\\_htm.html](https://www.bsi.bund.de/ContentBSI/Publikationen/Broschueren/gsm/index_htm.html)>

CCC Berlin, 2009. Airprobe Wiki. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<https://svn.berlin.ccc.de/projects/airprobe/wiki>>

CCC, 2009. Chaos Computer Club e.V. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<http://events.ccc.de/congress>>

GNU Radio, 2009. GNU Radio Homepage. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<http://gnuradio.org>>

Güneysu, T., Kasper, T., Novotný, M., Paar, C., Rupp, A., 2008. Cryptanalysis with COPACOBANA. IEEE Transactions on Computers. Volume 57, Issue 11, pages 1498 – 1513.

Krissler, S., Nohl, K., 2009. Subverting the security base of GSM. HAR Konferenz 2009. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <[https://har2009.org/program/attachments/119\\_GSM.A51.Cracking.Nohl.pdf](https://har2009.org/program/attachments/119_GSM.A51.Cracking.Nohl.pdf)>

Meyer, U., Wetzel, S., 2004. A man-in-the-middle attack on UMTS. Workshop on Wireless Security – Proceedings of the 3rd ACM workshop on Wireless security, Philadelphia October 2004, pages 90 – 97.

Mulliner, C., 2009. Fuzzing the Phone in your Phone, 26C3 2009. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<http://mulliner.org/security/sms>>

Nohl, K., Paget, Ch., 2009. GSM: SRSLY? [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <[http://events.ccc.de/congress/2009/Fahrplan/attachments/1479\\_26C3.Karsten.Nohl.GSM.pdf](http://events.ccc.de/congress/2009/Fahrplan/attachments/1479_26C3.Karsten.Nohl.GSM.pdf)>

OpenBSC 2009. OpenBSC, A-bis Projekt-Homepage. Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<http://openbsc.gnumonks.org>>

OpenBTS 2009. OpenBTS Projekt-Homepage. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<http://openbts.sourceforge.net>>

Spaar, D., 2009. Playing with the GSM RF interface. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <[http://events.ccc.de/congress/2009/Fahrplan/attachments/1500\\_Playing\\_with\\_the\\_GSM\\_RF\\_Interface](http://events.ccc.de/congress/2009/Fahrplan/attachments/1500_Playing_with_the_GSM_RF_Interface)>

Tews, E., 2009. DECT (part II) - What has changed in DECT security after one year. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<http://events.ccc.de/congress/2009/Fahrplan/events/3648.en.html>>, <<http://www.heise.de/newsticker/meldung/26C3-Verschlueselungscode-fuer-DECT-Funktelefone-geknackt-893693.html>>

Wehrle, D., 2009. Open Source IMSI-Catcher. [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <[http://www.ks.uni-freiburg.de/php\\_arbeitdet.php?id=166](http://www.ks.uni-freiburg.de/php_arbeitdet.php?id=166)>

Welte, H., 2009. Harald Weltes Blog [Letzter Zugriff 30. Dezember 2009]. URL: <<http://laforge.gnumonks.org/weblog>>



## **In der Reihe GWDG-Berichte sind zuletzt erschienen:**

Nähere Informationen finden Sie im Internet unter  
<http://www.gwdg.de/gwdg-berichte>

- Nr. 40** *Plesser, Theo und Peter Wittenburg* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 1994**  
1995
- Nr. 41** *Brinkmeier, Fritz* (Hrsg.):  
**Rechner, Netze, Spezialisten. Vom Maschinenzentrum zum Kompetenzzentrum - Vorträge des Kolloquiums zum 25jährigen Bestehen der GWDG**  
1996
- Nr. 42** *Plesser, Theo und Peter Wittenburg* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 1995**  
1996
- Nr. 43** *Wall, Dieter* (Hrsg.):  
**Kostenrechnung im wissenschaftlichen Rechenzentrum - Das Göttinger Modell**  
1996
- Nr. 44** *Plesser, Theo und Peter Wittenburg* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 1996**  
1997
- Nr. 45** *Koke, Hartmut und Engelbert Ziegler* (Hrsg.):  
**13. DV-Treffen der Max-Planck-Institute - 21.-22. November 1996 in Göttingen**  
1997
- Nr. 46** **Jahresberichte 1994 bis 1996**  
1997
- Nr. 47** *Heuer, Konrad, Eberhard Mönkeberg und Ulrich Schwardmann*:  
**Server-Betrieb mit Standard-PC-Hardware unter freien UNIX-Betriebssystemen**  
1998

- Nr. 48** *Haan, Oswald* (Hrsg.):  
**Göttinger Informatik Kolloquium - Vorträge aus den Jahren 1996/97**  
1998
- Nr. 49** *Koke, Hartmut und Engelbert Ziegler* (Hrsg.):  
**IT-Infrastruktur im wissenschaftlichen Umfeld - 14. DV-Treffen der Max-Planck-Institute, 20. - 21. November 1997 in Göttingen**  
1998
- Nr. 50** *Gerling, Rainer W.* (Hrsg.):  
**Datenschutz und neue Medien - Datenschutzzschulung am 25./26. Mai 1998**  
1998
- Nr. 51** *Plesser, Theo und Peter Wittenburg* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 1997**  
1998
- Nr. 52** *Heinzel, Stefan und Theo Plesser* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 1998**  
1999
- Nr. 53** *Kaspar, Friedbert und Hans-Ulrich Zimmermann* (Hrsg.):  
**Internet- und Intranet-Technologien in der wissenschaftlichen Datenverarbeitung - 15. DV-Treffen der Max-Planck-Institute, 18. - 20. November 1998 in Göttingen**  
1999
- Nr. 54** *Plesser, Theo und Helmut Hayd* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 1999**  
2000
- Nr. 55** *Kaspar, Friedbert und Hans-Ulrich Zimmermann* (Hrsg.):  
**Neue Technologien zur Nutzung von Netzdiensten - 16. DV-Treffen der Max-Planck-Institute, 17. - 19. November 1999 in Göttingen**  
2000

- Nr. 56** *Plesser, Theo und Helmut Hayd* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum  
Heinz-Billing-Preis 2000**  
2001
- Nr. 57** *Hayd, Helmut und Rainer Kleinrensing* (Hrsg.):  
**17. und 18. DV-Treffen der Max-Planck-Institute  
22. - 24. November 2000 in Göttingen  
21. - 23. November 2001 in Göttingen**  
2002
- Nr. 58** *Plesser, Theo und Volker Macho* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum  
Heinz-Billing-Preis 2001**  
2003
- Nr. 59** *Suchodoletz, Dirk* von:  
**Effizienter Betrieb großer Rechnerpools - Implementierung am  
Beispiel des Studierendennetzes an der Universität Göttingen**  
2003
- Nr. 60** *Haan, Oswald* (Hrsg.):  
**Erfahrungen mit den IBM-Parallelrechnersystemen  
RS/6000 SP und pSeries690**  
2003
- Nr. 61** *Rieger, Sebastian*:  
**Streaming-Media und Multicasting in drahtlosen Netzwerken -  
Untersuchung von Realisierungs- und Anwendungsmöglichkei-  
ten**  
2003
- Nr. 62** *Kremer, Kurt und Volker Macho* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum  
Heinz-Billing-Preis 2002**  
2003
- Nr. 63** *Kremer, Kurt und Volker Macho* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum  
Heinz-Billing-Preis 2003**  
2004

- Nr. 64** *Koke, Hartmut* (Hrsg.):  
**GÖ\* – Integriertes Informationsmanagement im heterogenen eScience-Umfeld: GÖ\*-Vorantrag für die DFG-Förderinitiative „Leistungszentren für Forschungsinformation“**  
2004
- Nr. 65** *Koke, Hartmut* (Hrsg.):  
**GÖ\* – Integriertes Informationsmanagement im heterogenen eScience-Umfeld: GÖ\*-Hauptantrag für die DFG-Förderinitiative „Leistungszentren für Forschungsinformation“**  
2004
- Nr. 66** *Bussmann, Dietmar und Andreas Oberreuter* (Hrsg.):  
**19. und 20. DV-Treffen der Max-Planck-Institute**  
**20. - 22. November 2002 in Göttingen**  
**19. - 21. November 2003 in Göttingen**  
2004
- Nr. 67** *Gartmann, Christoph und Jochen Jähnke* (Hrsg.):  
**21. DV-Treffen der Max-Planck-Institute**  
**17. - 19. November 2004 in Göttingen**  
2005
- Nr. 68** *Kremer, Kurt und Volker Macho* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 2004**  
2005
- Nr. 69** *Kremer, Kurt und Volker Macho* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 2005**  
2006
- Nr. 70** *Gartmann, Christoph und Jochen Jähnke* (Hrsg.):  
**22. DV-Treffen der Max-Planck-Institute**  
**16. - 18. November 2005 in Göttingen**  
2006
- Nr. 71** *Hermann, Klaus und Jörg Kantel* (Hrsg.):  
**23. DV-Treffen der Max-Planck-Institute**  
**15. - 17. November 2006 in Berlin**  
2007

- Nr. 72** *Kremer, Kurt und Volker Macho* (Hrsg.):  
**Forschung und wissenschaftliches Rechnen - Beiträge zum Heinz-Billing-Preis 2006**  
2007
- Nr. 73** *Baumann, Thomas, Dieter Ruder und Bertram Smolny* (Hrsg.):  
**24. DV-Treffen der Max-Planck-Institute**  
**6. - 8. November 2007 in Jena**  
2008
- Nr. 74** *Schwardmann, Ulrich* (Hrsg.):  
**Grid-Technologie in Göttingen - Beiträge zum Grid-Ressourcen-Zentrum GoeGrid**  
2009
- Nr. 75** *Baumann, Thomas, Dieter Ruder und Bertram Smolny* (Hrsg.):  
**25. DV-Treffen der Max-Planck-Institute**  
**18. - 20. November 2008 in Göttingen**  
2009
- Nr. 76** *Assmann, Wolfgang, Christa Hausmann-Jamin und Frank Malisius* (Hrsg.):  
**26. DV-Treffen der Max-Planck-Institute**  
**22. - 24. September 2009 in Berlin**  
2010

