

GNUmed - Die elektronische Krankenakte

Karsten Hilbert

Das Projekt GNUmed entwickelt eine Software, die die relevanten Informationen der Krankengeschichte eines Patienten zum richtigen Zeitpunkt verfügbar macht. Es wird von einer Gruppe von Ärzten mit IT-Erfahrung erstellt. Dabei wird Wert gelegt auf:

- Portabilität (wxPython, Python, SQL),
- Robustheit und Datenintegrität (PostgreSQL, Regression tests, verlustfreies Upgrade der Datenbank),
- Offenheit (komplette Dokumentation von Schema und Quellcode),
- Wartbarkeit (Referenzplattform Debian) und
- Datenschutz (Audit, Verschlüsselung).

Inhaltlich werden medizinische Konzepte umgesetzt, die jedem Mediziner unmittelbar zugänglich sind. Dazu gehören SOAP-Schema, Grunderkrankungen und Episoden von Erkrankungsaktivität.

Durch die Möglichkeit der medizinisch sauberen Strukturierung der Krankenakte entsteht der Zugewinn im Informationszugriff: Der sonst chronologisch-sequentielle Datenwald erhält eine änderbare innere medizinische Struktur. Dadurch ist eine medizinisch relevante Filterung der Informationen möglich, die zu besserer Behandlung führen kann.

Es wird die digital signierte Zeitstempelung des Datenbankinhalts implementiert. Dadurch entsteht für den Arzt der Zugewinn, daß der Inhalt der elektronischen Krankenakte zu einem bestimmten Zeitpunkt beweisbar wird.

Die Software ist aus drei voneinander getrennten Schichten: Datenbank, grafische Oberfläche und Middleware zwischen beiden, aufgebaut.

GNUmed wird in Arzt- und Physiotherapiepraxen erfolgreich eingesetzt.

1 Einführung

GNUmed ist ein Projekt aus dem Bereich der Free Open Source Software (FOSS). Es dient der Dokumentation der medizinischen Versorgung wie Anamnese, Befund, Therapien und Diagnosen in der Arztpraxis, Krankenhäuser sind nicht avisiert. Das Programm entsteht aus der internationalen medizinischen Praxis heraus - beteiligt sind Ärzte, Physiotherapeuten und Programmierer aus dem medizinischen Umfeld. Durch die enge Einbindung von Anwendern und Fachleuten der Domain ist das Programm unmittelbar praxisgeeignet.

Inhaltlich umgesetzt werden erprobte medizinische Konzepte, die jedem Mediziner intuitiv verständlich sind.

Auf Programmebene nutzt GNUmed etablierte, zeitgemäße Technologien. Der Quellcode ist unter den Bedingungen der GPL verfügbar. Dadurch wird eine langfristig gute Wartbarkeit erreicht.

2 Motivation

2.1 Informationszugriff

Die Medizin ist in vielen Bereichen sehr spezialisiert und fortgeschritten. Eine gute medizinische Betreuung bedeutet heute, insbesondere im hausärztlichen Bereich, Informationsverarbeitung und -management. Daten zum Krankheitsverlauf müssen mit medizinischem Wissen zusammengeführt werden. Der Arzt fügt diesen

Grundlagen Erfahrung und Intuition hinzu, um eine gute Behandlung des Patienten zu erzielen.

GNUmed ist so aufgebaut, daß das Behandlungsteam bei der Therapieplanung optimal unterstützt wird. Durch die Speicherung von Patientendaten mit einer inneren medizinischen Struktur entsteht ein besserer Zugriff auf die Informationen während der Sprechstunde. Dies ermöglicht eine bessere und sicherere Behandlung.

2.2 Zukunftssicherheit

Herkömmliche Praxisprogramme sind Closed Source. Die Speicherung der Patientendaten erfolgt nach dem Gutdünken des Herstellers. Dem Anwender wird somit die Möglichkeit genommen, die medizinischen Daten über die Möglichkeiten des installierten Programmes hinaus im Sinne des Patienten einzusetzen. Auch ein Export zum Wechsel auf ein anderes Praxisprogramm ist selten verlustfrei möglich. Die dafür entwickelte BDT-Schnittstelle (BehandlungsDatenTräger) ist in vielen Fällen nicht ausreichend umfassend und detailliert definiert und implementiert.

Der Arzt verliert durch die Herstellerbindung die Hoheit über die Patientendaten, er kann sie nur im Rahmen des eingesetzten Praxisprogramms verarbeiten. GNUmed begegnet dieser Gefahr durch offenen, lesbaren Quellcode und ein offengelegtes, dokumentiertes Datenbankschema.

2.3 Rechtssicherheit

Der Einsatz von GNUmed in der Arztpraxis erhöht für den Anwender die Rechtssicherheit. Eingaben und Änderungen der Patientendaten werden durch die Datenbank unabhängig von der Benutzeroberfläche protokolliert. Damit ist nachvollziehbar, wer wann welche Inhalte eingestellt oder verändert hat.

Die Protokollierung wird von GNUmed mit einer digitalen Signierung kombiniert. Es werden regelmäßige Datensicherungen erstellt, daraus mehrere Prüfsummen erzeugt, die von einem digitalen Notar im Public-Key-Verfahren signiert werden. Dadurch wird beweisbar, daß welche Informationen zu welchem Zeitpunkt vorlagen und daß keine Manipulationen vorgenommen wurden.

Beide Verfahren im gemeinsamen Einsatz erhöhen die Wirksamkeit elektronischer Patientenunterlagen vor Gericht entscheidend. Es wird der Sorgfaltspflicht Genüge getan, was den Wert eines „Augenscheinbeweises“ deutlich verbessert.

3 Ziele und Umsetzung

3.1 Hohe Verfügbarkeit

Im medizinischen Bereich sind die Anforderungen an die Verfügbarkeit von Daten hoch. Für einen Patienten, der sich in der Sprechstunde vorstellt, müssen medizinische Unterlagen *zuverlässig* (jederzeit), *schnell* (ohne verzögerte Archivsuche) und *umfassend* (auch jahrzehntealte Informationen können lebenswichtig sein) aufrufbar sein. GNUmed setzt daher als verlässliche Referenzplattform auf Debian, in der Spezialisierung (CDD, Custom Debian Distribution) Debian-Med. Das ausgereifte Paketkonzept und die sorgfältige Pflege von Debian sorgen für die ausgezeichnete Stabilität und gute Wartbarkeit eines GNUmed-EDV-Systems. Dabei wird auf den Einsatz von Standardkomponenten geachtet, die auch für Windows und MacOSX in gepflegten Paketen verfügbar sind.

Ein mitgeliefertes Datensicherungskonzept rundet das Paket zur Sicherung der Verfügbarkeit ab.

3.2 Saubere Datenhaltung

Auf eine klare und saubere Speicherung von Daten wird in GNUmed viel Wert gelegt. Die Speicherung von Patientendaten erfolgt unabhängig von der verwendeten Benutzeroberfläche. Es werden weder Konfigurations- noch Verwaltungsdaten mit den klinische Daten vermischt. Dazu werden die Fähigkeiten der Datenbank PostgreSQL (Schemata, Views auf normalisierte Tabellen, etc.) genutzt. Datenbankschema, Middleware und Benutzeroberfläche sind so konzipiert, daß die internationalisierbaren Bereiche der Medizin von den national unterschiedlichen klar getrennt sind.

3.3 Medizinische Struktur

Anders als in vielen herkömmlichen Praxisprogrammen werden in GNUmed die Patientendaten in einer Karteikarte mit medizinischer Struktur abgebildet. Dabei werden Modelle umgesetzt, die der Medizin orts- und kulturübergreifend gemeinsam sind. Jedem Mediziner sind diese aus der täglichen Praxis bekannt:

- Grunderkrankung: Ein längerwährendes, grundlegendes, möglicherweise chronisches Gesundheitsproblem bei einem Patienten. Beispiele wären Zuckerkrankheit, Knochenbruch, Kurzsichtigkeit oder Immunschwäche.
- Episode: Ein Zeitabschnitt, in dem eine Erkrankung aktiv ist. Eine Grunderkrankung kann mehrere Episoden aufweisen, zwischen denen die Krankheit zwar vorhanden, aber nicht behandlungsbedürftig ist. Episoden können auch ohne Zuordnung zu einer Grunderkrankung dokumentiert werden, etwa bei einfachen Problemen wie einem Schnupfen.
- Arzt-Patienten-Kontakt (APK) bzw Konsultation: Hierbei handelt es sich um jeden Kontakt eines Mitarbeiters des Gesundheitswesens mit einem Patienten.
- SOAP-Schema Medizinische Daten werden üblicherweise in folgendes Grobschema eingeteilt, welches Anfang der 1960er Jahre von Lawrence L. Weed aufgestellt wurde:
 - Anamnese (S - *Subjective*, Vorgeschichte),
 - Befunde (O - *Objective*, Untersuchungsergebnisse),
 - Diagnose (A - *Assessment*, Bewertung) und
 - Therapie (P - *Plan*, Behandlung)

Die saubere Trennung der verschiedenen Arten von Daten und die logische Strukturierung erlauben eine medizinisch sinnvolle Darstellung der Patientendaten bereits auf der SQL-Ebene der Datenbank:

```
ncq@merkur:~$ psql -d gnumed_v6 -U gm-dbo
```

```
Passwort für Benutzer gm-dbo:
```

```
Dies ist psql 8.1.8, das interaktive PostgreSQL-Terminal.
```

```
gnumed_v6=> SELECT pk_identity, lastnames, firstnames from dem.v_base
pk_identity | lastnames | firstnames
```

```
-----+-----+-----
12 | Kirk | James Tiberius
```

```
gnumed_v6=> SELECT to_char(dem.date_trunc_utc('day', clin_when), 'YY
date |
```

```
-----+-----
2000-09-17 | 1) inflamm.screen/std ET serology
2000-09-17 | 2) debridement/loose adapt.; 10ml xylocitin sc; 00-Rep
2000-09-17 | 3) Pen 1.5 Mega 1-1-1
2000-09-17 | 4) review +2/7; tomorrow if symptoms/blood screen +ve
2000-09-17 | APK: BA: bleeding cut forearm L; AOE:
2000-09-17 | accid cut himself left forearm -2/24 w/ dirty
2000-09-17 | blade rescuing self from being tentacled,
2000-09-17 | extraterrest.envir.
2000-09-17 | left ulnar forearm; 6cm dirty laceration;
2000-09-17 | skin/sc fat only; musc/tend not injured; no dist sens
2000-09-17 | pain/redness++; smelly secretion+; no pus
2000-09-17 | contam/infected knife cut left arm, ?extraterr. vector
2000-09-17 | ?contaminated laceration L forearm
2000-09-17 | Labor: Enterprise Main Lab; Probennummer: EML#SC937-01
2000-09-17 | Code: WBC; Name: leukocytes; Wert: 9.5 Gpt/l (4.4-11.3
2000-09-17 | Code: RBC; Name: erythrocytes; Wert: 4.40 Tpt/l (4.1-5
2000-09-17 | Code: PLT; Name: platelets; Wert: 282 Gpt/l (150-450);
2000-09-17 | Code: CRP; Name: C-reactive protein; Wert: 17.3 mg/l (
2000-09-18 | APK: BA: knife cut follow-up, pain/swelling; AOE:
2000-09-18 | postop infected laceration L forearm
2007-05-07 | Grunderkrankung: post appendectomy/peritonitis (na), a
2007-05-07 | Grunderkrankung: 9/2000 extraterrestrial infection (na
2007-05-07 | Allergen: Penicillin; Substanz: Penicillin V Stada; Ge
2007-05-07 | brother George Samuel Kirk @ 37 years (2267, Stardate
```

```
gnumed_v6=> \q
```

Somit ist Unabhängigkeit der Inhalte sowohl vom Projekt GNU-med als auch von dessen Benutzeroberfläche sichergestellt.

4 Werkzeuge und Technologien

4.1 PostgreSQL

Das relationale Datenbankmanagementsystem (RDBMS) PostgreSQL liefert die Grundlage verlässliche Speicherung von Patientendaten in GNUmed. Das Datenschema ist dokumentiert und weitgehend normalisiert. Dies gewährleistet, daß die Inhalte jederzeit frei wiederwendbar und exportierbar sind. Zur Sicherstellung der Integrität der Daten auch dann, wenn verschiedene Benutzeroberflächen im Einsatz sind, werden die Möglichkeiten eines RDBMS ausgeschöpft: Constraints, Foreign Keys, Stored Procedures, Trigger, Rules und Listen/Notify kommen zum Einsatz.

Der Aufbau der Datenbank erfolgt in Zusammenarbeit mit Medizinern und bewegt sich je nach Anforderung zwischen Entity-Attribute-Value-Modell (etwa beim Speichern von Formularinhalten) und Speicherung von BLOBs (etwa Dokumente). Klinische, administrative und sonstige Daten sind in Schemata klar voneinander getrennt. Bereits auf der SQL-Ebene wurde die Übersetzung von Datenbankinhalten implementiert, sodaß auch dann konsistente Übersetzungen angezeigt werden, wenn verschiedene Nutzeroberflächen im Einsatz sind.

4.2 Python

Nahezu das komplette GNUmed-System ist in Python programmiert. Diese Programmiersprache bietet viele Vorteile:

- leicht erlernbar,
- plattformübergreifend,
- saubere objektorientierte Programmierung,
- Übersetzung der Nutzerschnittstelle,
- als Skriptsprache gute Wartbarkeit

Konzeptionell umgesetzt wurde eine Middleware, die frei von GUI-Anteilen mittels pycogp2 zwischen Datenbank und Benutzeroberfläche vermittelt. Es gibt eine Basisklasse, die Tabellen oder Views in

der Datenbank in eine cRUd-Klasse (create, Read, Update, delete) abbildet. Von dieser werden medizinisch und administrativ sinnvolle Klassen wie Patient, Impfung, Diagnose, Dokument, Karteintrag, Formular oder Praxis abgeleitet, welche jeweils typische Methoden hinzufügen. Einige dieser Klassen implementieren Design-Pattern, wie etwa Borg, Dispatcher oder Container.

Die Middleware stellt weiterhin allgemeine Werkzeuge für die Infrastruktur des Projekts bereit:

- Übersetzung von Nutzertext
- Konfigurationsdateien, Logdateien
- Kommandozeilenverarbeitung
- Nachrichtenversand zwischen Datenbank und Nutzerschnittstelle bzw innerhalb derselben
- Fernsteuerung der GUI per XML-RPC
- Zeitverarbeitung mit Beachtung von Unschärfe und Zeitzonen
- Selbsttests

4.3 wxPython

Die Referenzoberfläche ist in wxPython programmiert. Zum Erstellen von Fenstern wird wxGlade verwendet. Von den damit erzeugten Klassen werden Unterklassen abgeleitet, die mit entsprechenden Aufrufen der Middleware versehen werden. Die einzelnen Felder eines funktionalen Blocks werden auf einem Panel angeordnet. Dieses Panel wird dann je nach Bedarf in einen Dialog oder ein anderes Fenster eingebettet. Zur Beschleunigung von Eingaben wurden spezielle Felder entwickelt:

- Datumsfeld: schlägt zu Eingabefragmenten mögliche Daten und Zeiträume vor, kann mit unscharfen Zeitangaben umgehen, verarbeitet Zeitzonen

- Phrasewheel: bietet Vorschläge zur Eingabe an, aus Rechtschreibprüfung, kontextabhängig aus der Datenbank, aus festen Listen, Inhalte können mit regulären Ausdrücken eingegrenzt werden, bei Fokuserhalt, -verlust oder Inhaltsänderung können Callbacks aufgerufen werden, die kontextabhängig andere Felder setzen

Ein Plugin-Konzept erlaubt das Konfigurieren der Oberfläche je nach den Bedürfnissen des jeweiligen Arbeitsplatzes. Plugin und Oberfläche sind über eine definierte Schnittstelle verbunden, während die Kommunikation zwischen Plugins oder von der Middleware zu den Plugins über Nachrichten vermittelt wird.

Unerwartete Ausnahmen werden auf höchster Ebene (sys.excepthook) abgefangen. Dadurch wird ein nutzergeführtes Beenden der Anwendung mit Logging der Ausnahme, kommentieren des Fehlerszenarios und Versand eines Fehlerberichts an die Entwickler ermöglicht.

5 Screenshots

6 Weitere Informationen

Die wichtigste und umfassendste Adresse zu GNUmed im WWW ist <http://wiki.gnumed.de>. Dort finden sich Querverweisen zu allen wichtigen Adressen sowie ausführliche Projektdokumentation.

Über aktuelle Entwicklungen informiert ständig das Blog <http://gnumed.blogspot.com>.

7 Über den Autor

Karsten Hilbert ist Arzt in Leipzig, Sachsen. Seit etwa 2000 ist er am Projekt GNUmed beteiligt und hat vor einigen Jahren die Projektleitung von Horst Herb übernommen. Er kann unter karsten.hilbert@gmx.net erreicht werden.

GNUmed Verwaltung Patient Kartekarte Werkzeuge Wissen Hilfe

Patient **Capt. James Tiberius Kirk** 76y Cave Penicillin

Kartekarte als chronologisches Journal

Patient: Capt. James Tiberius Kirk (m), No: 12
Geboren: 1931-03-21, Alter: 76y

Datum	Arzt	Karteieintrag
2000-09-17	<gm-dbo>	A APK: BA: bleeding cut forearm L, AOE: A accid cut himself left forearm 2/24 w/ dirty blade rescuing self from b A eing tentacle, extraterrest. envir. B left ulnar forearm; 6cm dirty laceration; skin/sc fat only; musc/tend no B e injured, no dist sens loss, pain/redness+, smelly secretion+, no pus B Code: WBC, Name: Leucocytes; Wert: 9.5 Gpt/l (4.4-11.3); Bemerkung; B Code: RBC, Name: erythrocytes; Wert: 4.40 Tpt/l (4.1-5.1); Bemerkung; B Code: PLT, Name: platelets; Wert: 282 Opt/l (150-450); Bemerkung; B Code: CRP, Name: C-reactive protein; Wert: 17.3 mg/l (0.07-8); Bemerkung B D contam/infected knife cut left arm, ?extraterrest. vector, needs ABS/surg/b D lood D ?contaminated laceration L forearm T 1) inflam screen/std ET serology 2) debridement/loose adapt.; 10ml xylo T citin sc; 00-Reprolene 3) Pen 1.5 Mega 1-1-1 4) review +2/7; tomorrow if T symptoms/blood screen +ve T Labor: Enterprise Main Lab, Probennummer: EML#SC937-0176-CEC#11, Probe g T onomen: 2000-09-17 17:33:00+01; Status: endgultig; Bemerkung: inflammat T ion screen, possibly extraterrestrial contamination; 2000-09-18 <gm-dbo> A APK: BA: knife cut follow-up, pain/swelling; AOE: D postop infected laceration L forearm 2007-02-06 <gm-dbo> D Grunderkrankung: post appendectomy/peritonitis (na), aufgefallen im Alte D r von: 67 years 11 mons, active, clinically relevant; D Grunderkrankung: 9/2000 extraterrestrial infection (na), aufgefallen im D Alter von: 7, active, clinically relevant; A Episode: postop infected laceration L forearm A brother George Samuel Kirk @ 37 years (2267, Stardate 3287): Denevan neu A ral parasite infection A Allergen: Penicillin; Substanz: Penicillin V Stada; Generikum: ; ATC-Cod A e: ; Typ: Allergie; Reaktion: developed urticaria/dyspnoe this morning, A eg. 12h after first tablet; A Episode: scar problems left arm A Episode: back pain

Exportiert: So 04 Mär 2007 00:06:54

Posteingang Personalien Kartei - Baum Verlaufsnotizen Kartei - Journal Dokumente Dokumente importieren xDT-Betrachter Handbuch Konfiguration

Sie sind als Dr.L.McCoy (LMCC) angemeldet. Datenbankkonto <any-doc> So 04 Mär 2007 00:07:03 CEST

Abbildung 1. Alte sequentielle Darstellung der Karteikarte.

GNUmed Verwaltung Patient Karteikarte Werkzeuge Wissen Hilfe

Patient **Capt. James Tiberius Kirk** 76y **Cave** Penicillin

Kartei von Capt. James Tiberius Kirk

- ▼ Nicht zugeordnete Episoden
 - back pain
 - post. appendectomy/peritonitis
 - ▼ 9/2000 extraterrestrial infection
 - postop infected laceration L. forearm
 - in Praxis: 2000-09-17**
 - in Praxis: 2000-09-18
 - scar problems left arm

2000-09-17 17:13 - 19:33: in Praxis (?contaminated laceration L. forearm)

BA: bleeding cut. forearm L.
BE: ?contaminated laceration L. forearm

Anamnese:
17:16 <gm-dbo>: accid cut. himself left forearm -2/24 w/ dirty blade rescuing self from being tentacled.
extraterr. enviv.

Befund:
17:20 <gm-dbo>: left ulnar forearm; 6cm dirty laceration; skin/sc fat only; musctend not injured; no dist sens loss; pain/redness++; smelly secretion++; no pus

Bewertung:
17:21 <gm-dbo>: contary/infected knife cut left arm, ?extraterr. vector, needs ABS/surg/blood

17:21 <gm-dbo>: ?contaminated laceration L. forearm

Therapie:
17:02 <gm-dbo>: 1) inflamm screen/std ET serology
2) debridement/loose adapt.; 10ml xylocin sc; 00-Reprolene
3) Pen 1.5 Mega 1-1-1
4) review +2/7; tomorrow if symptoms/blood screen +ve

Posteingang Personalien Kartei - Baum Verlaufsnutzen Kartei - Journal Dokumente Dokumente importieren xDT-Betrachter Handbuch Konfiguration

Sie sind als Dr.L.McCoy (LMC) angemeldet. Datenbankkonto <any-dsc>. So 04 Mär 2007 00:05:45 CEST

Abbildung 2. Strukturierte Darstellung derselben Karteikarte.