

**IMPLEMENTIERUNGSLEITFADEN
KODIERUNG VON EINHEITEN
PHYSIKALISCHER MESSGRÖSSEN
IN HL7-NACHRICHTEN MIT
UCUM
(UNIFIED CODE FOR UNITS OF
MEASURE)**

**– Spezifikation –
Version 1.00**

Dokumenten-OID: 2.16.840.1.113883.2.6.7.XXX



HL7-Benutzergruppe in Deutschland e. V.

Geschäftsstelle Köln
An der Schanz 1 • 50735 Köln
Tel.: +49 700 77776761 • Fax: +49 700 7777 6767
E-Mail: info@hl7.de
www.hl7.de

IMPLEMENTIERUNGSLEITFADEN

KODIERUNG VON EINHEITEN PHYSIKALISCHER MESSGRÖSSEN IN HL7 VERSION 3 MIT UCUM (UNIFIED CODE FOR UNITS OF MEASUREMENT)

vorgelegt von der

HL7 Benutzergruppe in Deutschland e. V.

Geschäftsstelle Köln
An der Schanz 1
50735 Köln

Ansprechpartner

Kai U. Heitmann (email: hl7@kheitmann.nl)
HL7-Benutzergruppe in Deutschland e.V.
Heitmann Consulting and Services
Sciphox Arbeitsgemeinschaft GbR mbH

Der Inhalt dieses Dokumentes ist öffentlich. Zu beachten ist, dass Teile dieses Dokuments auf dem Abstimmungspaket 13 und der Normative Edition 2006 von HL7 Version 3 beruhen, für die © HL7 Inc gilt.

Disclaimer

Obwohl diese Publikation mit größter Sorgfalt erstellt wurde, kann die HL7 Benutzergruppe in Deutschland keinerlei Haftung für direkten oder indirekten Schaden übernehmen, die durch den Inhalt dieser Spezifikation entstehen könnten.

Editoren

Christof Geßner (CG) MxDx Beratung, Christof Geßner (Berlin)
Kai U. Heitmann (KH) Heitmann Consulting & Services (Purmerend/Amsterdam)
und HL7 Benutzergruppe in Deutschland e. V.

Autor

Christof Geßner (CG) MxDx Beratung, Christof Geßner (Berlin)

Inhaltsverzeichnis

Dokumentinformation	4
Status	4
Datum	4
Revisionsliste	4
Editoren	5
Autor	5
1 Einleitung	8
1.1 Messdaten in der strukturierten Dokumentation und Kommunikation	9
1.2 Anforderungen an die Kodierung von Einheiten	9
1.2.1 Konvertierung	10
1.2.2 Anwendungsbereiche	10
1.2.3 Kodierung von Messgrößen in HL7	11
1.3 Standards und Kodiersysteme	12
1.3.1 ISO, ANSI, SI	12
1.3.2 UCUM	12
1.3.3 SNOMED	12
1.3.4 LOINC	13
1.3.5 C-NPU	13
2 Codesystem UCUM	14
2.1 Definitionen des Codesystems UCUM	15
2.2 UCUM erfüllt Anforderungen für IT-taugliche Einheitenkodierung	15
2.2.1 Kommunikation, Berechnungen, Dokumentation	15
2.2.2 Eindeutigkeit	15
2.2.3 Lesbarkeit (Computer & Menschen)	16
2.2.4 ...durch „einfache“ Regeln	16
2.2.5 Erleichterung für Administratoren und Hersteller	16
2.2.6 Bewertung	16
2.3 Die UCUM-Regeln im Detail	16
2.3.1 Präfixe	16
2.3.2 Basissystem, Dimension	16
2.3.3 Spezielle Einheiten („non-ratio scales“)	17
2.3.4 Dimension, Kommensurabilität	18
2.3.5 Dimensionslose Größen	18
2.3.6 Annotations	18
2.3.7 Formale Syntax, BNF	19
2.4 Bewertung	20
3 Aspekte der Implementierung	21
3.1 Aspekte der Implementierung	22
3.1.1 Tabellenbasierte Implementierung	22
3.1.2 Implementierung mit Validierung	22
3.1.3 Implementierung mit Konvertierung	23
3.2 GUI	23
3.3 Dokumentation des "Originalwertes"	23

3.4	Migration, Mapping, Umstellung	23
3.5	Semantischer „Missbrauch“ von Einheiten	23
3.6	Biochemische, biologische und pharmazeutische "Einheiten"	24
3.6.1	Angaben zur Dosierung von Medikamenten	24
3.7	LOINC	25
3.8	Konzentrationen, Molmasse	25
3.9	Dimensionslose Größen, Verhältnisse	25
3.10	Hinweise für die Konvertierung existierender Einheiten in UCUM	26
4	Einheitencodierung in HL7 Version 3	27
4.1	HL7 Version 3 Datentyp PQ	28
4.2	Zusammenfassung	29
5	Anhang	30
5.1	Literatur	31
5.2	Gebräuchliche UCUM Einheiten	32

1 **Einleitung**

1.1 Messdaten in der strukturierten Dokumentation und Kommunikation

Im klinischen Umfeld spielen Messdaten eine wichtige Rolle. Als Beispiele seien genannt:

- die Dokumentation körperlicher Befunde (Körpergröße, Temperatur, Blutdruck),
- Laboruntersuchungen,
- Dosisbeschreibungen bei der Medikation oder auch
- Bestrahlungsparameter in der Radiologie oder Strahlentherapie.

Wenn auch die Anwendungsgebiete sehr unterschiedlich sind, so haben Messdaten als physikalische Größen doch einige feststehende gemeinsame Eigenschaften: Sie lassen sich darstellen durch einen Zahlenwert zusammen mit einer Maßeinheit. Der Zahlenwert ist dabei in der Regel nur mit einer gewissen Genauigkeit bekannt.

Neben kodierten Diagnosen/Prozeduren (ICD, OPS) werden heute auch solche klinischen Messdaten regelmäßig in strukturierter digitaler Form erzeugt und verarbeitet. Dies gilt jedenfalls für Systeme, die mit der Erzeugung, Verwaltung und Qualitätssicherung der Daten befasst sind, also u.a. in Laborinformationssystemen (LIS) und in Anästhesie/Intensivmedizin (PDMS). Besonders bei Laboruntersuchungen ist die strukturierte Verarbeitung praktisch selbstverständlich. Andere Befunde, OP-Berichte, Anamnesen, Arztbriefe liegen aber häufig noch als unstrukturierte Information in Prosa oder gar in reiner Papierform vor.

Labordaten bilden die Entscheidungsgrundlage für viele Fragestellungen wie Diagnose (Ausschluss, Differentialdiagnose), Prognose, Reaktion, Dosierungskontrolle, Wechselwirkungen, Arzneimittelunverträglichkeiten und viele andere. Die Bewertung und Interpretation erfordert in der Regel die Einbeziehung klinischer Informationen und Fragestellungen aus PVS oder KIS. Die Zusammenführung mit der klinischen Zusatzinformation kann nicht allein im LIS erfolgen. Eine automatisierte Auswertung erfordert daher zwingend die Übermittlung strukturierter Daten. Regeln für die semantische Interoperabilität zwischen den beteiligten Systemen müssen festgelegt werden. Auf dieser Basis können dann auch komplexere Aufgaben wie die Implementierung von Algorithmen, Leitlinien zur Entscheidungsunterstützung (decision support) oder die Berechnung von Scores in Angriff genommen werden, oder auch betriebswirtschaftlich relevante Maßnahmen wie etwa die Kostenreduktion durch Vermeidung unnötiger Laboruntersuchungen. Zusätzliche Relevanz gewinnen diese Fragen durch die Einführung von e-Rezept, e-Arztbrief und CDA für den institutionsübergreifenden Datenaustausch.

Ein wichtiges Argument für den Einsatz rechnergestützter und strukturierter medizinischer Dokumentation ist der erreichbare „Sekundärnutzen“: sei es für hausinterne Steuerungs- oder Kontrollmechanismen (Prozesssteuerung, QS, Controlling etc.) oder auch für die externe Nutzung der erfassten Daten, sei es für die Weiterbehandlung des Patienten oder für patientenübergreifende Zwecke (Wissenschaft, Studien, public health etc.) - jedesmal ist die Vergleichbarkeit der Messdaten von zentraler Bedeutung.

Für die Erfassung, Übermittlung, Speicherung und Auswertung von Messdaten mit IT-Methoden ergeben sich mithin Anforderungen an eine einheitliche Konvention für die Darstellung von physikalischen Größen – auch auf dieser Ebene muss die Information "kodiert" werden.

Diese Anforderungen erfüllt das Kodierungssystem UCUM („Unified Code for Units of Measure“, siehe [1], [2], [3], [7]), das im vorliegenden Leitfaden vorgestellt werden soll.

1.2 Anforderungen an die Kodierung von Einheiten

Im Bereich der medizinischen Dokumentation stellen sich verschiedene, teilweise widersprüchliche Anforderungen an die Erfassung, Speicherung und Darstellung von Messdaten.

Auf die Frage „Gibt es einen Unterschied zwischen 1 m und 100 cm?“ wird man verschiedene Antworten erhalten. Denn einerseits wird durch beide Ausdrücke exakt die gleiche physikalische Größe beschrieben, es handelt sich lediglich um verschiedene Repräsentationen des gleichen Größenwerts. Andererseits handelt es sich aber tatsächlich um unterschiedliche Zeichenketten. Eine Anforderung, die auf zeichengenaue (oder gar pixelgenaue?) Reproduktion einer einmal erfassten Information abzielt, wird die beiden Ausdrücke also zu Recht als verschieden bezeichnen.

Exkurs:

Im Übrigen unterscheidet sich in der angegebenen Form die Anzahl der explizit angegebenen Dezimalstellen, so dass nach den üblichen Konventionen "100 cm" eine präzisere Angabe darstellt als "1 m". Der erste Wert ist nämlich mit drei signifikanten Dezimalstellen angegeben, der andere mit nur einer. Äquivalente Schreibweisen in diesem Sinne wären 1,00 m und 100 cm (mit je drei signifikanten Stellen) bzw. 1 m und $1 \cdot 10^2$ cm (jeweils mit nur einer signifikanten Stelle).

Da ein Messwert üblicherweise in einem bestimmten Kontext steht, ist auch schon dadurch ein „natürlicher Erwartungswert“ für die Präzision einer Messung gegeben. So wird man bei der Angabe einer Körpergröße die Ausdrücke 174 cm und 1,7395 m als „gleich“ bezeichnen, denn die höhere Präzision der zweiten Messung hat keine Relevanz für klinische Entscheidungen.

Während eine einheitliche Darstellung des Zahlenwerts als Realzahl oder ganze Zahl unproblematisch ist, gibt es in der Praxis bei der Schreibweise der Einheiten noch keine Einheitlichkeit.

1.2.1 Konvertierung

Für den Vergleich verschiedener Messgrößen spielt die Konvertierbarkeit von Messdaten zwischen unterschiedlichen Einheiten eine Rolle. Tabellarische Auflistung von Daten und die statistische Auswertung setzen eine Konvertierung der Messungen auf eine gemeinsame Einheit voraus. Auch die grafische Darstellung einer Messgröße im zeitlichen Verlauf erfordert die Abbildung aller Werte auf eine einheitliche (Achsen-)Skala. Ebenso der Vergleich von Daten, die z.B. durch rechnergestützte Kommunikation aus verschiedenen Quellsystemen zusammengeführt wurden. Die Unterstützung klinischer Entscheidungen durch „intelligente Systeme“ basiert u.a. auf dem Vergleichen von Messgrößen mit Soll- oder Grenzwerten.

1.2.2 Anwendungsbereiche

Es lassen sich drei grundsätzlich unterschiedliche Anwendungsbereiche strukturierter Dokumentation unterscheiden:

- **Kommunikation:** Beim Empfänger muss für einen bestimmten Zweck ausreichende Information über die Bedeutung eines Messwertes (Kontext, Größe und Einheit) vorliegen.
- **Berechnungen:** Messwerte aus möglicherweise unterschiedlichen Quellsystemen sollen für Berechnungen verwendet werden. Die automatisierte Verarbeitung erfordert eindeutige Regeln für die Vergleichbarkeit und Konvertierung von Messwerten.
- **Dokumentation:** Aus der medizinischen Dokumentation muss erkennbar und nachvollziehbar sein, welche Information in einem bestimmten Zusammenhang erfasst oder angezeigt wurde. Falls die erfassten Daten anschließend für Zwecke der Kommunikation oder für Berechnungen konvertiert werden, muss daneben auch die exakte Form in der ursprünglichen Darstellung langfristig erhalten bleiben.

Das Ergebnis einer Messung stellt eine physikalische Größe dar ("Größenwert"), die aus einem Zahlenwert und einer Maßeinheit besteht.

Für die Auswertung und Interpretation der Größe müssen natürlich weitere Informationen über die Messung bekannt sein, wie etwa über Gegenstand und Art der Messung oder über die Messbedingungen. Diese Angaben sind jedoch nicht Bestandteil der physikalischen Größe, sie dürfen daher auch grundsätzlich nicht mit der Maßeinheit vermischt werden.

Hier einige Beispiele dazu aus der Physik (aus: Leitfaden für den Gebrauch des Internationalen Einheitensystems, PTB) :

<i>falsch</i>	<i>richtig</i>
Die Emissionsrate beträgt $5 \cdot 10^{10}$ Neutronen/s.	Die Neutronen-Emissionsrate beträgt $5 \cdot 10^{10}/s$.
Die Konzentration beträgt 5 ng Blei /l.	Die Massenkonzentration an Blei beträgt 5 ng/l.
Die Konzentration beträgt $3 \cdot 10^{18}$ O2-Atome/cm ³ .	Die Teilchenkonzentration für O2-Atome beträgt $3 \cdot 10^{18}/cm^3$.
Die Nachweisgrenze liegt bei $5 \cdot 10^{10}$ NO3-Moleküle/cm ³ .	Die Nachweisgrenze für NO3-Moleküle liegt bei $5 \cdot 10^{10}/cm^3$.

1.2.3 Kodierung von Messgrößen in HL7

HL7 v3 bildet Messgrößen einheitlich durch den Datentyp PQ (physical quantity) ab. Gleichzeitig wird festgelegt, physikalische Einheiten auf Basis des Kodierungssystems UCUM auszudrücken.

Auch für die Beschreibung des Kontextes einer physikalischen Größe sind in HL7 v3 Strukturen definiert. So wird z.B. eine Messung als „Observation“ ausgedrückt, dadurch können zusätzlich zur reinen Messgröße weitere Angaben zu den Umständen gemacht, die zu diesem Wert geführt haben, z. B. welches Analyt mit welcher Messmethode im Labor untersucht und zu welchem Zeitpunkt die Messung ausgeführt wurde. Mit LOINC ([4], [5], [6]) und SNOMED stehen mächtige Kodiersysteme für eine solche Klassifikation von Messwerten zur Verfügung.

```
<observation classCode="OBS" moodCode="EVN">
  <code code="8310-5"
    codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1"
    codeSystemName="LOINC"
    displayName="BODY TEMPERATURE"/>
  <value xsi:type="PQ" value="36.9" unit="Cel"/>
  <effectiveTime value="200004071430"/>
</observation>
```

Abbildung 1a: Beispiel der Darstellung des Messwertes Körpertemperatur in der HL7-Klasse Observation, klassifiziert mit LOINC Code.

Die Trennung von physikalischer Größe und Beschreibung der durchgeführten Messung im Kontext einer "Observation" wird von HL7 v3 unterstützt durch die Übermittlung von Messwerten mit UCUM-kodierten Einheiten und einer standardisierten Klassifikation der Untersuchungsmethode unabhängig vom konkreten Ergebnis mit LOINC oder SNOMED.

Bei der Übertragung physikalischer Größen mit Nachrichten der HL7 v2.x ist zwar die Beschränkung auf UCUM-konforme Einheiten nicht vorgeschrieben, bringt aber auch hier viele Vorteile. Eine solche Restriktion könnte z.B. in Implementierungsprofilen festgelegt werden für die Übertragung der Einheiten von Laborergebnissen in OBX-6 (Datentyp CE).

```
...  
OBX|4|NM|20570-8^HEMATOCRIT^LN||39.7|%^UCUM|37-47|N||F||200310060830  
OBX|5|NM|30428-7^MCV^LN||97|f1^UCUM|80-95|N||F||200310060830  
OBX|6|NM|28539-5^MCH^LN||33.0|pg^UCUM|27-32|N||F||200310060830  
...
```

Abbildung 1b: Beispiel der Darstellung von Laborergebnissen in HL7 v2, klassifiziert mit LOINC.

1.3 Standards und Kodiersysteme

Im Bereich der Erfassung physikalischer Größen, Messungen, Beobachtungen stehen verschiedene Standards für die einheitliche Dokumentation zur Verfügung.

1.3.1 ISO, ANSI, SI

In der Vergangenheit wurden verschiedene Einheitensysteme festgelegt, die aber alle bestimmte Nachteile für die eindeutige, einfache Verarbeitung mit IT-Systemen besitzen:

ISO 2955 und ANSI X3.50 beinhalten zahlreiche Konflikte (z.B. doppelte Verwendung von Einheitensymbolen – a für die Zeiteinheit Jahr und die Flächeneinheit Ar, oder uneindeutige Buchstabenkombinationen – cd für 1/100 Tag oder Candela)

Weder ISO 2955 noch ANSI X3.50 enthalten sämtliche "konventionellen" Einheiten, die in der Praxis üblicherweise verwendet werden (dyn, erg, Fahrenheit).

Eine Beschränkung auf die in Deutschland gültigen „gesetzlichen Einheiten“ (SI-System) ist praktisch derzeit nicht anwendbar, denn in den aktuellen Systemen und Kommunikationsszenarien werden weit mehr Einheiten eingesetzt als durch direkt SI-abgeleitete Einheiten abgedeckt werden kann.

1.3.2 UCUM

UCUM („Unified Code for Units of Measure“, siehe [1], [2], [3], [7]) basiert wesentlich auf den oben genannten Standards und berücksichtigt die Regeln und Besonderheiten von ANSI/ISO/SI, wurde aber im Hinblick auf Eindeutigkeit und rechnergestützte Verarbeitung optimiert. UCUM ermöglicht die Rückführung aller Einheiten auf SI-konforme Einheiten.

1.3.3 SNOMED

SNOMED CT enthält als Spezialisierungen des Begriffs "Unit" (SNOMED Code: 258666001) eine begrenzte Anzahl von Codierungen für Dimensionen und Einheiten als präkoordinierte Ausdrücke. Für einige Einheiten werden Synonyme angegeben. Regeln für die Konvertierung von Messwerten sind nicht enthalten. Die in SNOMED kodierten Einheiten sind nicht durchweg UCUM-konform, es wird aber derzeit an einer Abbildung dieser Einheiten auf UCUM gearbeitet (vgl. Bericht der SNOMED International Content Steering Group v. 09.02.2006 http://www.snomed.org/clinical/documents/csq_meeting_minutes.pdf).

1.3.4 LOINC

Dient zur Kodierung von Mess- und Untersuchungsmethoden. LOINC beschreibt heute bereits über 40.000 unterschiedliche Untersuchungen und wird ständig erweitert. LOINC definiert die zu messende Eigenschaft (property) und die zu verwendende Skala (scale_typ), die Maßeinheit wird aber nicht festgelegt.

1.3.5 C-NPU

Kodierungssystem für Laborwerte der International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Dieses Codesystem ist eng verwandt zu LOINC, Harmonisierungsbestrebungen sind im Gange. C-NPU ist weniger strukturiert als LOINC und enthält weniger Kontextinformationen. C-NPU legt für jede Untersuchung eine zu verwendende Einheit fest. Weitere Informationen: http://www.labinfo.dk/English/litterature_uk.asp
<http://dior.imt.liu.se/cnpu/>.

2 Codesystem UCUM

2.1 Definitionen des Codesystems UCUM

Die formale Definition, Codetabellen und Beispielimplementierungen finden sich bei <http://aurora.regenstrief.org/UCUM>. Zweck dieses Standards ist der elektronische Datenaustausch von physikalischen Größen. UCUM orientiert sich eng an internationalen Normen (ISO 2955-1983, ANSI X3.50-1986), die sich wiederum an SI orientieren. Das Kodiersystem ermöglicht die unzweideutige Formulierung von zusammengesetzten Ausdrücken für beliebige von den Basiseinheiten abgeleitete Einheiten.

Die OID für das Kodierungssystem UCUM ist 2.16.840.1.113883.6.8. Das so bezeichnete Codesystem umfasst per Definition alle nach den Kodierungsregeln konstruierbaren UCUM-Ausdrücke. Aus historischen Gründen existieren noch weitere OIDs, z.B. für eine (veraltete) Großbuchstabenversion.

Der allgemeine Ansatz führt dazu, dass inzwischen neben HL7 auch andere Standardorganisationen UCUM für die Kodierung von Einheiten verwenden bzw. vorschreiben. Beispiele dafür sind DICOM (<http://medical.nema.org>), OpenGIS (<http://www.opengeospatial.org>) und das Public Health Information Network "PHIN" des US-amerikanischen Department of Health and Human Services (<http://www.cdc.gov/phn/vocabulary>).

Die Bestandteile der Definition von UCUM sind:

- Basiseinheiten : Eine festgelegte Liste von Basiseinheiten für Länge, Masse, Zeit, Temperatur, elektrische Ladung, Lichtstärke und Winkel (m, g, s, K, C, cd, rad).
- Präfixe: Eine festgelegte Liste von Buchstaben, die als Symbole für Multiplikatoren verwendet werden können (k, c, m für kilo, centi, milli etc.).
- Abgeleitete Einheiten (atomic unit symbols): Eine festgelegte Liste von "atomaren Symbolen". Hier sind weitere Einheiten aufgeführt, jeweils mit den Umrechnungsfaktoren und Formeln für ihre Rückführung auf Basiseinheiten. Für jede Einheit in dieser Liste ist festgelegt, ob diese Einheit mit einem Präfix kombiniert werden darf oder nicht (Attribut: metrisch/nicht-metrisch).
- Einfache Syntaxregeln zur Kombination der Symbole, nebst einigen Operatoren für Multiplikation, Division, Potenzierung und Klammern zur Gruppierung von Ausdrücken.

Mit diesen Regeln kann eine unendliche Anzahl von gültigen Einheiten abgeleitet werden. Eine Tabelle *aller* gültigen Einheiten zu erstellen, ist daher prinzipiell nicht möglich,.

Die Listen von terminalen Symbolen (Präfixe, Basiseinheiten, abgeleitete Einheiten), dürfen weder erweitert noch eingeschränkt werden.

Selbstverständlich können auf Basis der tabellierten Werte, Umrechnungsfaktoren und Formeln alle beliebigen UCUM-Codes automatisch und eindeutig auch auf die SI-Basiseinheiten (m, kg, s, K, A, cd, mol, rad) zurückgeführt werden.

2.2 UCUM erfüllt Anforderungen für IT-taugliche Einheitenkodierung

2.2.1 Kommunikation, Berechnungen, Dokumentation

UCUM erfüllt die weiter oben formulierten Anforderungen an ein Einheitensystem für die Kommunikation und für Umrechnungen und Konvertierungen. Gleichzeitig stellt die direkte Lesbarkeit der Codes einen Vorteil für die Verwendung in der medizinischen Dokumentation dar.

2.2.2 Eindeutigkeit

Mit UCUM steht ein Einheitensystem zur Verfügung, das die meisten der in der Praxis verwendeten Einheiten auf eindeutige, definierte Weise ausdrückt. Dadurch wird neben-

bei auch eine eindeutige Umrechnung auf SI-Einheiten für eine große Zahl von „ungesetzlichen Einheiten“ definiert und kann so automatisch IT-gestützt erfolgen.

2.2.3 Lesbarkeit (Computer & Menschen)

Die Schreibweise von UCUM-Codes für Einheiten orientiert sich an der herkömmlichen, intuitiven Schreibweise, in vielen Fällen gibt es keine oder nur geringe Unterschiede zu den „bekannten“ Ausdrücken für Einheiten. Der Ansatz von UCUM unterscheidet sich insofern deutlich von einem präkoordinierten Kodierungssystem wie SNOMED oder ICD-10, das in der praktischen Anwendung nicht ohne Kataloge oder Codetabellen auskommt. UCUM-kodierte Einheiten sind sowohl eindeutig maschinenlesbar als auch direkt menschenlesbar.

2.2.4 ...durch „einfache“ Regeln

Die Bildung von UCUM-konformen Ausdrücken (=Codes) durch Kombination der "atomaren" Einheiten folgt einigen einfachen Regeln. Dabei wird ausgenutzt, dass physikalische Einheitensysteme nach mathematischen Gesetzmäßigkeiten aufgebaut sind.

2.2.5 Erleichterung für Administratoren und Hersteller

Durch die regelbasierte Definition des Codesystems UCUM entfällt die aufwändige und fehleranfällige Pflege von Listen und Tabellen für Einheiten und Konvertierungsfaktoren. Dadurch werden Hersteller und Administratoren entlastet.

2.2.6 Bewertung

UCUM verbindet Eindeutigkeit und rechnerische Rückführbarkeit auf SI-Einheiten mit Praxisbezug, Lesbarkeit und Anwendbarkeit.

2.3 Die UCUM-Regeln im Detail

2.3.1 Präfixe

Ein Präfix (Einheitenvorsatz) wird einem Einheitensymbol vorangestellt. Neben den bekannten Präfixen für Zehnerpotenzen (k, c, m für kilo, centi, milli etc.) sind auch Präfixe für Zweierpotenzen definiert, wie sie in der IT-Welt üblich sind (z.B. Ki für $2^{10}=1024$, Mi für $2^{20}=1048576$).

Präfix und Einheitssymbol werden ohne Leerzeichen direkt nacheinander geschrieben (z.B. km, mmol).

Jede Einheit trägt ein Attribut „metrisch“ (Y/N). Nur „metrische Einheiten“ dürfen ein Präfix tragen

Die Entscheidung metrisch vs. nicht-metrisch ist Konvention und wurde in UCUM nach dem Prinzip der maximalen Konfliktvermeidung bei guter Lesbarkeit getroffen. Durch diese Regel wird trotz Einfachheit der Schreibweise die Eindeutigkeit aller kombinierten Ausdrücke sichergestellt und Parser-Konflikte werden vermieden.

Die Regel zum Parsen der Ausdrücke lautet im Original: "The prefix is the longest leading substring that matches a valid prefix where the remainder is a valid metric unit atom. If no such prefix can be matched, the unit atom is without prefix and may be both metric or non-metric."

2.3.2 Basissystem, Dimension

Jedes physikalische Einheitensystem **B** wird konstruiert aus einem Basissystem mit n Basiseinheiten $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_n$:

$$\mathbf{B} = \{\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_n\}$$

eine bestimmte Einheit \mathbf{u} wird daraus durch Multiplikation mit Zahlenfaktoren r_i und Potenzen der Basiseinheiten $\mathbf{b}_i^{u_i}$ (\mathbf{b}_i hoch u_i):

$$\mathbf{u} = r_1 \mathbf{b}_1^{u_1} \cdot r_2 \mathbf{b}_2^{u_2} \cdot \dots \cdot r_n \mathbf{b}_n^{u_n}$$

Jede Einheit kann also in Bezug auf die Basiseinheiten ausgedrückt werden durch einen zusammengefassten Zahlenwert $r = r_1 r_2 \cdot \dots \cdot r_n$ und eine Dimension (u_1, u_2, \dots, u_n) . Die Dimension kann als Vektor der Exponenten u_i zu den Basiseinheiten aufgefasst werden. Dadurch ist eine Umrechnung von Messwerten auf die Basiseinheiten und somit auf SI jederzeit möglich.

Beispiel für Einheiten der Dimension "Druck":

$$1 \text{ bar} = 105 \text{ Pa} = 105 \text{ N/m}^2 = 108 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$1 \text{ mm[Hg]} = 133.322 \text{ Pa} = 133.322 \text{ N/m}^2 = 133322 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

Zwei Sätze von Basiseinheiten sind *äquivalent*, wenn die beiden Mengen der aus ihnen generierbaren Einheiten isomorph sind (d.h. es gibt eine lineare Abbildung zwischen ihnen, man kann dadurch jede beliebige Einheit des einen Systems durch die Basiseinheiten des anderen Systems ausdrücken und umgekehrt).

Das UCUM Basissystem verwendet folgende Basiseinheiten:

Name	Dimension	Einheit
Meter	Länge	m
Gramm	Masse	g
Sekunde	Zeit	s
Kelvin	Temperatur	K
Coulomb	El. Ladung	C
Candela	Lichtstärke	cd
Einheit	1	1
radian	Winkel	rad

Unterschiede der UCUM-Basis zu den SI-Basiseinheiten:

Abweichend von der SI-Basis wurde das Gramm anstelle des Kilogramm verwendet. Dies ermöglicht einen einheitlichen Umgang mit Präfixen für alle Einheiten des Codesystems. Diese Umrechnung mit einem Faktor 1/1000 für die Rückführung auf den Kilogrammprototyp ist auch nicht komplizierter als etwa die Umrechnung, die SI bei der Definition der SI-Basiseinheit Sekunde verwendet. Das Mol als SI-Einheit der Stoffmenge steht für eine (sehr große) Anzahl von Teilchen, stattdessen betrachtet UCUM die Zahl "1" als dimensionslose Basiseinheit und definiert ein Mol durch die Zahl $6,0221415 \times 10^{23}$ (Avogadro-Konstante) als abgeleitete Einheit. Im Rahmen der für den Zweck erforderlichen Präzision ist die UCUM-Basis demnach mit den SI-Basiseinheiten äquivalent.

2.3.3 Spezielle Einheiten („non-ratio scales“)

Einige Symbole bezeichnen abgeleitete Einheiten, die nicht in das o.a. Schema passen (nicht proportionale Skala etc.), diese Einheiten werden als "spezielle Einheiten" bezeichnet (special units).

Beispiele: Grad Celsius, logarithmische Einheiten, pH-Wert.

Für diese Einheiten sind in der UCUM-Definition jeweils zwei Umrechnungsformeln angegeben, um den Zahlenwert von und nach der jeweils korrespondierenden proportionalen „echten“ Einheit umzurechnen.

Beispiele: Temperaturwerte – Das Funktionspaar "cel(1 K)" ist definiert als $f_C(x) = x - 273.15$ zur Umrechnung von Kelvin nach Grad Celsius und $f_C^{-1}(x) = x + 273.15$ für die Umrechnung zurück nach Kelvin. pH-Wert – Das Funktionspaar "ph(1 mol/l)" ist definiert als $f_{\text{pH}}(x) = -\lg x$ zur Umrechnung von mol/l in pH-Werte und $f_{\text{pH}}^{-1}(x) = 10^{-x}$ für die Umrechnung zurück in Mol pro Liter.

Für spezielle Einheiten sind Multiplikation und Division nicht definiert. Um die Besonderheit des SI-Systems abzubilden, das für die abgeleitete Einheit der Temperatur °C (Celsius) dennoch die Skalierung durch einen Präfix erlaubt, wurden einige spezielle Einheiten als "metric" deklariert, sie dürfen also ein Präfix tragen. Für diese speziellen Einheiten skaliert die Multiplikation mit einem Skalar (bzw. ein Präfix) den Messwert.

2.3.4 Dimension, Kommensurabilität

Für die direkte Vergleichbarkeit zweier Größenwerte ist es relevant, dass die beiden Ausdrücke die gleiche physikalische Größe beschreiben: Zwei physikalische Einheiten sind *kommensurabel*, wenn sie die gleiche *Dimension* besitzen.

Beispiel: verschiedene Einheiten für „Druck“

Pa – Pascal

mm[Hg] – Millimeter Quecksilbersäule (Torr)

Das bedeutet, dass es eine Abbildung gibt, mit der die Zahlenwerte der Größen zwischen den Einheiten umgerechnet werden können:

$$1 \text{ mm[Hg]} = 133.322 \text{ Pa} = 133.322 \text{ N/m}^2 = 133322 \text{ g}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Sowohl die Einheitenbeziehungen als auch die Umrechnungsfaktoren sind in den UCUM-Tabellen enthalten.

Bei regulären Einheiten kann der Umrechnungsfaktor direkt anhand der Einheitendefinitionen in der UCUM-Tabelle berechnet werden. Aber auch spezielle Einheiten können "kommensurabel" sein, hier ist zuvor eine Umrechnung auf die jeweils korrespondierende metrische Einheit erforderlich (z.B. von Grad Celsius in Kelvin).

2.3.5 Dimensionslose Größen

UCUM definiert auch verschiedene dimensionslose Größen. Diese Ausdrücke stehen für einen Zahlenwert und werden syntaktisch genau wie Einheitensymbole behandelt. Beispiele:

10* - Zehnerpotenz

% - Prozent 10^{-2}

[pi] – Kreiszahl Pi

[ppm] – Parts per Million 10^{-3}

Alle positiven ganzen Zahlen können ebenfalls an Stelle einer Einheit verwendet werden.

Häufig ist das Ergebnis einer Untersuchung eine dimensionslose Größe (z.B. Konzentrationsverhältnis, Volumenanteil, Anzahl). Zur Verdeutlichung, welche physikalischen Größen in das Ergebnis einfließen, wird traditionell oft eine entsprechende Einheit angegeben: g/kg, mL/L etc. Im Rahmen von UCUM sind solche Ausdrücke jedoch völlig äquivalent zu Vielfachen der dimensionslosen Basisgröße "1". Die Ausdrücke "5 mL/L" und "5 g/kg" sind also beide äquivalent zu den dimensionslosen Größen "0.005", "0.5 %" und "5 10^{-3} ". Eine Unterscheidung etwa zwischen einem Konzentrationsverhältnis und einem Massenverhältnis ist daher auf diesem Wege *nicht möglich!* Vielmehr muss die Beschreibung der gemessenen Eigenschaft im Kontext des Ergebnisses übermittelt werden – etwa durch einen LOINC-Code mit der entsprechenden "PROPERTY".

2.3.6 Annotations

Alle UCUM-Codes können durch Ausdrücke in geschweiften Klammern ergänzt, "kommentiert", werden. Diese sog. Annotations haben aber keinerlei semantische Bedeutung! Dennoch sind Annotations für viele Zwecke hilfreich, insbesondere um die Lesbarkeit und

intuitive Interpretation zu erleichtern. **Sie sind dadurch gleichzeitig auch riskant und tragen jedenfalls niemals semantische Bedeutung!!**

2.3.7 Formale Syntax, BNF

Für die Kombination von Einheiten durch Multiplikation, Division und Exponentiation wird eine einfache Syntax definiert.

Zur Multiplikation zweier Einheiten muss der Multiplikationsoperator '.' verwendet werden, ein Leerzeichen genügt nicht (J.s, g.m).

Der Divisionsoperator '/' darf auch ohne Einheit davor verwendet werden (km/h, /s)

Ganze Zahlen können als Exponenten für Einheitssymbole, positive optional mit '+', negative immer mit '-'. Bei der Potenzierung gilt der Exponent für das Vorsatzzeichen mit (s-1, mm²).

Formale Beschreibung der Grammatik (EBNF-Format):

```
code :      '/' expr
      |      expr
      ;
expr  :      term (mult)*
      ;
mult  :      '.' term
      |      '/' term
      ;
term  :      element (exp)? (ann)*
      ;
element:  unit
      |      '(' expr ')'
      |      ann
      ;
unit   :      (PREFIX)? METRICATOM
      |      NONMETRICATOM
      |      digits
      ;
exp    :      (sign)? digits
      ;
ann    :      '{' .* '}'
      ;
sign   :      '+' | '-'
      ;
digits:      ('0'..'9')+
      ;
//      Die erlaubten Ausdrücke für PREFIX, METRICATOM und
//      NONMETRICATOM ergeben sich aus den Definitionstabellen
```

[Die endgültige Form der Grammatik wird aktuell überarbeitet, da sich in der Anwendung einige Unschärfen gezeigt und Fragen ergeben haben (Gessner/Schadow)]

Die Schreibweisen der in den UCUM-Tabellen festgelegten Symbole für die abgeleiteten Einheiten folgen einigen Regeln, die die Lesbarkeit sicherstellen sollen. Hier ein paar Beispiele zur Veranschaulichung:

Subskripte werden durch _ dargestellt:

a_j : Julianisches Jahr, 365.25 Tage (a_j)

m_e : Elektronenmasse (m_e)

Eckige Klammern werden für Strukturierung verwendet, um die Eindeutigkeit sicherzustellen:

m[Hg] : Meter Quecksilbersäule („metrisch“, Präfix erlaubt)

[Ch] : Charrière = mm/Pi

[hnsf'U] : Hounsfield unit (dimensionslos)

2.4 Bewertung

UCUM verbindet Eindeutigkeit und rechnerische Rückführbarkeit auf SI-Einheiten mit Praxisbezug, Lesbarkeit und Anwendbarkeit. Eine Implementierung kann auf verschiedenen Niveaus erfolgen und sollte im Allgemeinen keine Hürde darstellen.

3 Aspekte der Implementierung

3.1 Aspekte der Implementierung

UCUM ist ein regelbasiertes Codesystem. Anders als bei tabellierten Codesystemen (SNOMED CT, ICD-10, LOINC) sind gültige UCUM-Codes zusammengesetzt aus einer relativ kleinen Zahl von "atomaren" Symbolen und Operatoren, die nach einfachen Regeln kombiniert werden. Entsprechende Techniken sind jedem vertraut und selbstverständlich.

Ein paar Beispiele.

- Bei der Kodierung eines Datums: Der Tag "Zwölfter April im Jahre 2004" wird kodiert als "12.04.2004", die Zeichenkette "77.42.1999" ist hingegen keine gültige Datums-Repräsentation.
- Der Bereich der Webadressen (URLs) ist regelbasiert kodiert.
- Ein selbstverständliches System ist die Kodierung aller natürlichen Zahlen durch Kombination der Ziffern von 0 bis 9 als atomare Symbole.

In allen Fällen kann anhand einfacher Regeln eindeutig entschieden ("validiert") werden, ob es sich um einen gültigen Code handelt oder nicht.

Bei der Implementierung von Parsern für die Verarbeitung von UCUM-Codes lassen sich zwei Anwendungsfälle unterscheiden:

- Validierung: „Ist die Einheit in der empfangenen Nachricht ein valider UCUM-Code?“
- Konvertierung: „Ich möchte den Messwert x von der Einheit A in die Einheit B umrechnen“

Je nach Anforderung können verschiedene Strategien für die Implementierung gewählt werden:

3.1.1 Tabellenbasierte Implementierung

Die Implementierung greift auf ein oder mehrere Tabellen mit ausgewählten UCUM-Codes zurück. Nur die in der Tabelle enthaltenen Codes werden als gültig erkannt. Diese Art der Implementierung eignet sich vor allem für Systeme, die Messwerte ausschließlich versenden. Ein empfangendes System muss (wie bei herkömmlichen Implementierungen) empfangene Codes gegen die Tabelle prüfen und für nicht enthaltene Ausdrücke eine Fehlerbehandlung vorsehen. Wenn die Fehlerbehandlung zu einer Ablehnung der Nachricht führt, ist das System nicht vollständig konform. Wenn allerdings durch domänenspezifische Einschränkungen (value sets o.ä.) die Menge der zulässigen Codes beschränkt ist, und somit sämtliche zulässigen Codes tabelliert werden können, dann ist eine derartige Implementierung auch für ein empfangendes System konform.

Eine Tabellierung ausgewählter UCUM-Codes kann für bestimmte Domänen zur weitergehenden Standardisierung sinnvoll sein, z.B. im Sinne von eingeschränkten Wertebereichen ("value sets") für spezifische Anwendungsfälle. Die HL7 Benutzergruppe stellt Beispieltabellen mit "üblicherweise verwendeten Einheiten" zur Verfügung (siehe Anhang, außerdem unter <http://www.hl7.de/download/documents/ucum/ucum.html>).

3.1.2 Implementierung mit Validierung

Eine solche Implementierung ist in der Lage, zu entscheiden, ob ein beliebiger Ausdruck einen validen UCUM-Code darstellt oder nicht. Das System verwendet dafür einen Parser, der die Syntax des Ausdrucks anhand der UCUM-Grammatik prüft. Eine solche Implementierung eignet sich für empfangende Systeme, die nicht tabellenbasiert arbeiten und die Messwerte (zunächst) nicht weiterverarbeiten müssen. Ein konformes System akzeptiert nur Nachrichten, in denen alle Einheiten mit UCUM-Codes ausgedrückt sind.

3.1.3 Implementierung mit Konvertierung

Diese Art der Implementierung ist zusätzlich in der Lage, Messwerte von einer Quelleinheit in eine Zieleinheit zu konvertieren. Zusätzlich zur reinen Validierung kann dieses System also auch zwei gegebene Einheiten auf Kommensurabilität (physikalische Messgrößen, die die gleiche Dimension besitzen) überprüfen und ggf. den Zahlenwert von einer Einheit in eine andere umrechnen. Ob zusätzlich zum konvertierten Wert auch der Originalausdruck gespeichert wird, hängt von den domänenspezifischen Anforderungen an Kommunikation und Datenspeicherung ab. Ein konformes System akzeptiert nur Nachrichten, in denen alle Einheiten mit UCUM-Codes ausgedrückt sind. Ein solches System kann eine zusätzliche Überprüfung auf Basis der Dimension der Einheit durchführen, wenn die für eine bestimmte Messung zulässige Dimension domänenspezifisch eingeschränkt ist oder wenn der zugehörige LOINC-Code eine bestimmte Dimension impliziert.

3.2 GUI

Bei der Darstellung in Auswahlboxen („Drop-down“) müssen keinesfalls alle theoretisch möglichen zulässigen UCUM-Einheiten angeboten werden. Die Konformität einer Anwendung muss auf anderem Wege überprüfbar sein.

3.3 Dokumentation des "Originalwertes"

Ob bei einer Konvertierung ergänzend auch der "Originalwert" aufbewahrt und übermittelt wird, muss je nach Anwendungsfall entschieden werden. Der HL7-Datentyp PQ bietet hierfür die Möglichkeit, einem Wert ein oder mehrere äquivalente Formulierungen als "Übersetzung" hinzuzufügen (s.u.: PQ.translation). Dies kann zum Beispiel genutzt werden, falls einerseits eine standardisierte Repräsentation des Messwertes übertragen werden soll, andererseits der ursprünglich eingegebene Wert ebenfalls gesendet werden soll (etwa aus rechtlichen Gründen).

3.4 Migration, Mapping, Umstellung

Die zunehmend drängenden Anforderungen an eine besser strukturierte Dokumentation für den institutionsübergreifenden Datenaustausch führen aktuell zu Aktivitäten in den verschiedensten Standardisierungsgremien auf nationaler und internationaler Ebene und in unterschiedlichen Fachbereichen. Vielfach gehen diese Ansätze in Richtung der Erstellung von "Vocabularies" oder "Dictionaries". Es wird versucht, vorhandene Tabellen und Kataloge aus verschiedenen vorhandenen Quellen zu harmonisieren, und so einen "normativen" Bestand an Codes für den aktuell betrachteten Anwendungsfall aufzubauen.

Problematisch bei dieser Vorgehensweise ist, dass oft ein klares Modell für die Strukturierung der zu erstellenden Vokabularien fehlt. Die im vorliegenden Leitfaden beschriebenen Methoden versuchen einen Beitrag zur Standardisierung im Bereich der Dokumentation von Messwerten zu leisten, indem sie einen Weg zur klaren Trennung der rein physikalischen Messgrößen von der Beschreibung und Klassifizierung der durchgeführten Untersuchung aufzeigen.

Die Berücksichtigung dieser Methodik beim "Mapping" existierender Tabellen auf neue Vokabularien könnte zu einer weiteren Vereinheitlichung der Arbeitsergebnisse beitragen. Als Standard für die Kodierung von Einheiten wird hier UCUM vorgeschlagen und gleichzeitig auf LOINC als Verzeichnis und Kodiermethodik für Gegenstände und Verfahren der Messungen verwiesen.

3.5 Semantischer „Missbrauch“ von Einheiten

Einheiten werden häufig verwendet, um Zusatzinformation zu transportieren, die semantisch betrachtet eigentlich Kontextinformation ist.

Lösungsmöglichkeiten:

- Möglichkeiten von HL7 zur Übermittlung mehrerer äquivalenter Repräsentationen nutzen (PQ.translation: Formulierung in alternativem Codesystem, PQ.translation.originalText: Freitext, der dem kodierten Wert zugrunde liegt)
- Kodierung der Kontextinformation in Observation.code (LOINC, SNOMED, Qualifier etc.)
- narrativen Teil eines CDA-Dokumentes zur näheren Beschreibung verwenden

Im Datentyp PQ sollten lediglich reine Messwerte transportiert werden, die für eine algebraische Weiterverarbeitung geeignet sind.

3.6 Biochemische, biologische und pharmazeutische "Einheiten"

In der medizinischen Dokumentation und in der klinischen Forschung spielen neben "echt physikalischen" Messwerten auch Werte eine Rolle, die Angaben über biologische, biochemische oder pharmazeutische Untersuchungen implizit enthalten. In diesen Bereichen steht oft die "biologische Vergleichbarkeit" der Werte im Vordergrund gegenüber einer präzisen Bindung an ein physikalisches Einheitensystem. In diesen Bereichen finden sich u.a. Angaben zu enzymatischen Aktivitäten, Verhältniszahlen zu biologischen oder pharmazeutischen "Standard-Assays". Einige dieser "Einheiten" beschreiben die biologische Wirksamkeit oder die Toxizität einer Substanz oder eines Mikroorganismus und entziehen sich einer präzisen Abbildung auf physikalische Einheiten. Beispielsweise ist eine "Mäuseinheit" (MU) in manchen Studien definiert als "die Menge eines Stoffes, der unter definierten Bedingungen ausreicht, eine 20g schwere weiße Maus zu töten" – mithin eigentlich ein substratspezifisches Maß für die Stoffmenge. Werte für Konzentrationen von Viren bzw. Mikroorganismen sind angegeben in "Colony Forming Units" (CFU) oder als "Gewebekulturinfektiöse Dosis" (GKID50, TCID50).

Für die Auswertung solcher Angaben reicht wahrscheinlich in den meisten Fällen die Übermittlung der Messgröße und Einheit nicht aus, sondern es müssen zusätzliche Angaben zum Kontext übermittelt werden, beispielsweise durch Angabe eines geeigneten LOINC-Codes oder durch einen narrativen Teil. Möglicherweise kann auch eine physikalische Größe z.B. in Mikrogramm angegeben werden und die entsprechende bio-Einheit in Form als äquivalente Repräsentation (s.u. PQ.translation) hinzugefügt werden. Bei der ebenfalls möglichen Beschreibung solcher Einheiten durch UCUM-Annotations (geschweifte Klammern im Code) muss hingegen berücksichtigt werden, dass diese "Kommentare" per Definition keinerlei semantische Bedeutung besitzen.

3.6.1 Angaben zur Dosierung von Medikamenten

Dosiermengen und andere derartige Angaben sind häufig anzutreffen z.B. im Bereich der Pharmazie. Hierbei erscheinen in der Einheit oft zusätzliche Angaben „versteckt“, z.B. Maximaldosis 600 mg/d. Korrekterweise müssen Menge und Zeit hier aber separat mit ihren jeweiligen UCUM-Einheiten angegeben werden (siehe HL7-Datentyp RTO):

```
<maxDoseQuantity>
  <numerator value="600" unit="mg"/>
  <denominator value="24" unit="h"/>
</maxDoseQuantity>
```

Abbildung 1: Ausschnitt einer „SubstanceAdministration“ in HL7 mit Angabe einer Maximaldosis. Die Einheit ist UCUM-konform anzugeben.

Wenn andererseits tatsächlich die Geschwindigkeit gemeint ist, mit der das Medikament appliziert werden soll, so handelt es sich um eine "echte" Einheit:

Beispiel: Antibiotikagabe 50 mg innerhalb 10 min.

```
<doseQuantity>
  <center value="50" unit="mg"/>
</doseQuantity>
```



```
<rateQuantity>
  <center value="5" unit="mg/min"/>
</rateQuantity>
```

Abbildung 2: Ausschnitt einer „SubstanceAdministration“ in HL7 mit Angabe einer Dosiermenge zusammen mit der Dosierrate, z. B. für Infusionen. Die Einheit ist UCUM-konform anzugeben.

Die Übermittlung von pharmazeutischen Dosierungsangaben, Beschreibungen von Medikamenten, Darreichungsformen etc. ist ein Thema für sich, das den Rahmen des Leitfadens sprengt. Allerdings spielen physikalische Einheiten dort mit Sicherheit eine wichtige Rolle. (Siehe dazu auch die Dokumentation der HL7-Klasse SubstanceAdministration.)

3.7 LOINC

Bei der Übermittlung von Messdaten muss neben der Messgröße (Größenwert = Zahlenwert mal Einheit) auch angegeben werden, um welche Art von Messung es sich handelt. Für viele Untersuchungen eignet sich hier LOINC zur eindeutigen Kennzeichnung. Alle Analysenverfahren, die von klinischen Laboren heutzutage unterstützt werden, sind in der aktuellen LOINC-Datenbank eingeschlossen, ebenso für Spezialgebiete der Chemie, therapeutische Medikationsüberprüfung und Toxikologie, Hämatologie, Serologie, Blutbank, Mikrobiologie, Zytologie, Chirurgische Pathologie und Fertilität. Auch SNOMED CT enthält Bezeichner für eine große Zahl von klinischen Parametern, steht allerdings derzeit in Deutschland noch nicht kostenfrei zur Verfügung.

Die getrennte Kodierung von Messung und physikalischer Einheit der Messung ermöglicht eine präzise einheitliche Beschreibung für viele der "konventionellen" Verfahren in Biochemie, Mikrobiologie und Pharmazie.

Jedem LOINC-Code ist ein Attribut "PROPERTY" zugeordnet, dadurch wird die Art der Messung beschrieben (type of property, kind of quantity). Dieses von LOINC verwendete Konzept entspricht dem von IUPAC [8] beschriebenen Konzept 'kind-of-property'. Die verwendeten Werte beinhalten u.a. die meisten der im IUPAC-"Silver Book" zusammengestellten relevanten Konzepte, wie z.B. Masse, Konzentration, Anzahl oder Temperatur. In vielen Fällen wird durch dieses Attribut die Dimension der Messgröße festgelegt. Ein Beispiel: Für die Messung von Glukose im Serum existieren zwei unterschiedliche LOINC-Codes für die Messung der Stoffmengenkonzentration und für die Messung der Massenkonzentration. Für einige LOINC-Kodierungen wird zusätzlich exemplarisch eine Maßeinheit angegeben, die aber nicht normativ ist. Die in der LOINC-Codetabelle angegebenen Einheiten sind nicht alle UCUM-konform. Für einen Teil der LOINC-Codes wird die Molmasse des Analyts und/oder eine präzise Stoffbezeichnung angegeben (IUPAC-Code, CAS-Nummer o.ä.).

3.8 Konzentrationen, Molmasse

Eine Applikation kann die UCUM-Mechanismen für die Multiplikation von einheitenbehafteten Messwerten nutzen, um bei bekannter Molmasse komfortabel und zuverlässig unterschiedliche Konzentrationsangaben zu konvertieren.

3.9 Dimensionslose Größen, Verhältnisse

Messwerte werden häufig als relative Angaben formuliert (Beispiel: Verhältnis zweier Konzentrationen, Verhältnis von Stoffmengen). Solche Ausdrücke sind dimensionslos, da sich die Einheiten "herauskürzen". Die Unterscheidung zwischen verschiedenen Messverfahren kann also nicht allein auf Basis der Einheit erfolgen. Zusätzliche Angaben müssen im Kontext der Messung erfolgen und auch ausgewertet werden! Ggf. sollten hier domänenspezifisch zusätzliche Regeln festgelegt werden.

Beispiel: Konzentrationsverhältnisses zweier Stoffe A/B, Konzentration A im Verhältnis zur Gesamtkonzentration A+B, Gewichtsanteil, Volumenverhältnis.

Konzentrationsangaben sollten für chemische/biochemische Messungen am Besten in der Dimension Stoffmenge/Volumen angegeben werden, um Verwechslungen zu vermeiden.

3.10 Hinweise für die Konvertierung existierender Einheiten in UCUM

Bei der Durchsicht einer nicht repräsentativen Zahl von "herkömmlichen" Kodierlisten für Einheiten ergaben sich einige typische und häufig wiederkehrende Merkmale, die bei der Anpassung an UCUM zu beachten waren.

Hier die häufigsten Stolpersteine bei der Anpassung von Syntax und Schreibweise:

- Für den Präfix μ (micro-) wird oft der ASCII-Code 181 verwendet. Wegen der durch UCUM vorgegebenen Beschränkung auf den 7bit-ASCII-Zeichensatz (US-ASCII, Zeichen von 33-126) wird μ in UCUM-Codes ersetzt durch u (z.B. umol für Mikromol).
- Die katalytische Aktivität wird typischerweise angegeben in „international units“ i.U., IU, IE, U. Hier gibt es zwei Möglichkeiten: $U = \text{umol}/\text{min}$ oder $[iU] = 1$. Die Messung von biologischen Aktivitäten ist jeweils stark von den Messbedingungen abhängig, dadurch steht die Konvertierbarkeit des Messwertes hier nicht im Vordergrund. In solchen Fällen sollte hier deshalb $[iU]$ als dimensionslose Größe im Sinne einer "arbitrary unit" verwendet werden.
- UCUM-Ausdrücke werden von links nach rechts ausgewertet, Multiplikation und Division besitzen die gleiche Priorität ("Punktrechnung vor Strichrechnung" gilt nicht). Bei Ausdrücken wie „ $\mu\text{mol}/\text{s} * \text{l}$ “ muss deshalb der Nenner geklammert werden: $\text{umol}/(\text{s} * \text{l})$ oder der Ausdruck als Division geschrieben werden: $\text{umol}/\text{s}/\text{l}$
- Zeitangaben müssen ggf. angepasst werden, gültige Ausdrücke sind z.B.: s, min, h, d, wk, mo, a
- Zehnerpotenzen (Promille, o/oo, 1000, Mio.) müssen konform ausgedrückt werden: 10^{-3} , 10^3 , 10^{-3} , 10^3 oder auch [ppth], [ppm]
- Einige UCUM-Ausdrücke für Einheiten der Dimension Druck: mm[Hg], m[H2O] oder kPa
- Auch nach SI-Regeln werden Äquivalentkonzentrationen nicht mehr in der früher verwendeten Einheit val/l angegeben. Stattdessen kann in UCUM eq/l verwendet werden.
- Osmolarität wird in osm angegeben (statt Osmol)

Des Öfteren begegnet man Ausdrücken, in denen die physikalische Einheit mit zusätzlichen Informationen vermischt wird (Beispiele: 0.9 mg Kreatinin/dL, 80 mikromol Creatinin/L). Obwohl diese Zusatzinformation kein Bestandteil der physikalischen Einheit ist, bietet UCUM die Möglichkeit, solche Zusatzinformation als "annotation" mitzuführen (z.B. $\text{mg}\{\text{Crea}\}/\text{dL}$). Diese Annotations haben jedoch keine semantische Bedeutung. Üblicherweise kann diese Zusatzinformation problemlos übermittelt werden, indem der Untersuchung ein geeigneter LOINC-Code zugeordnet wird.

Unklarheiten können auch bei Ausdrücken zur Dosierung entstehen: Eine Angabe von "Tabletten/Mahlzeit" ist keine physikalische Einheit, sie kann dennoch formal als dimensionslose Größe übermittelt werden und zur Erläuterung UCUM-konform mit der "Nicht-Einheit" $\{\text{Tabletten}\}/\{\text{Mahlzeit}\}$ dokumentiert werden. Auch hier zeigt sich aber Definitionsbedarf, der aber außerhalb des Bereiches physikalischer Maßeinheiten liegt.

4 Einheitencodierung in HL7 Version 3

4.1 HL7 Version 3 Datentyp PQ

Der Datentyp PQ unterstützt algebraische Operationen (Multiplikation, skalare Multiplikation, Exponentiation, Addition). Das bedeutet, dass man mit PQ-Ausdrücken "rechnen" kann.

In den XML Instanzen wird (u.a.) bei PQ entweder ein nullFlavor oder ein value genannt. Mit nullFlavors bringt man zum Ausdruck, dass ein Messwert aus verschiedenen Gründen („Flavors of Null“) unbekannt ist.

```
<value xsi:type="PQ" nullFlavor="ASKU"/>
```

Der Regelfall ist aber, dass ein Messwert angegeben werden kann. Dann müssen sowohl das value-Attribut als auch das unit-Attribut anwesend sein. Als default beim unit-Attribut wird 1 ("unity") angenommen.

Hinweis: Auch Darstellung dimensionsloser Größen erfordert die explizite Angabe der Einheit, sofern der Datentyp PQ verwendet wird:

```
<value xsi:type="PQ" value="36.9" unit="1"/>
<value xsi:type="PQ" value="369" unit="10^-1"/>
<value xsi:type="PQ" value="0.1" unit="369"/>
```

aber:

```
<value xsi:type="PQ" value="36.9"/>    für PQ nicht erlaubt! (obwohl default-unit=1)
```

Für die Übermittlung von Zahlenwerten und dimensionslosen Größen können ggf. auch die Datentypen INT oder REAL verwendet werden, die Interpretation als Messwert ergibt sich dann implizit aus dem "PROPERTY"-Attribut des LOINC-Codes. Für die Umwandlung zwischen PQ und INT bzw. REAL gelten die Regeln für Promotion bzw. Demotion von HL7-Datentypen (in diesem Fall: Umrechnung über den Defaultwert PQ.value="1").

Mittels PQ.translation ist es möglich, „Übersetzungen“ des Originalwerts anzugeben. So könnte in einem Anwendungsfall beispielsweise die Angabe in Metern verpflichtend sein, über PQ.translation kann man aber auch den Messwert in andere Einheiten übertragen entsprechend angeben.

```
<value value='22.35' unit='mmol/mL' />

<value value='1.77' unit='m'>
  <translation value='69.7' code='[in_I]'
    codeSystem='2.16.840.1.113883.19.6.8' codeSystemName='UCUM' />
</value>
```

Viele gut strukturierte und erläuterte Beispiele für die Anwendung von PQ im Bereich Laborwerte finden sich unter anderem im IHE Laboratory Technical Framework, Supplement "Sharing Laboratory Reports (XDS-LAB) [9]. Darunter auch viele interessante Beispiele für Referenzwerte, Vorbefunde etc. sowie ein "Selected subset of LOINC test codes".

In der Praxis findet oft eine Gruppierung bzw. Klassifizierung von physikalischen Größen durch eine Abbildung des Messwertes auf eine ordinale oder nominale Skala statt (z.B. bei Scores, vgl. Leitfaden zu Scores). Ergebniswerte, die auf nominalen oder ordinalen Skalen angegeben werden, sind grundsätzlich keine quantitativen Daten. Solche Daten werden daher folglich auch nicht als PQ übermittelt.

4.2 Zusammenfassung

Für die Übertragung von Messwerten, z.B. als Ergebnis einer Beobachtung, wird in HL7 Version 3 der Datentyp PQ genutzt. Im value-Attribut steht dabei der eigentliche Messwert, die Einheit muss in dem Attribut unit codiert angegeben werden. Dazu wird UCUM als System verwendet und ist im Kontext von HL7 Version 3 verpflichtend.

5 Anhang

5.1 Literatur

- [1] Definition: <http://aurora.rg.iupui.edu/UCUM/ucum.html>
<http://aurora.regenstrief.org/UCUM/>
<http://aurora.regenstrief.org/UCUM/UCUM.pdf> (alte Version 1.4b)
- [2] The Regenstrief Unit Conversion Tool (Gunther Schadow):
<http://aurora.regenstrief.org/~schadow/units/>
- [3] Tabellen als XML-Struktur: <http://aurora.regenstrief.org/UCUM/ucum-essence.xml>
- [4] McDonald C, Schadow G, Suico J, Heitmann KU: Sprechen Sie LOINC? HL7-Mitteilungen Nr. 8, 2000: 6-11
- [5] Forrey AW, McDonald CJ, DeMoor G, Huff SM, Leavelle D, Leland D, et al.: Logical observation identifier names and codes (LOINC) database: a public use set of codes and names for electronic reporting of clinical laboratory test results. Clinical Chemistry 42, 1996, S. 81-90
- [6] McDonald CJ, Huff SM, Suico JG et al.: LOINC, a Universal Standard for Identifying Laboratory Observations: A 5-Year Update. Clinical Chemistry 49:4, 2003, S. 624-633
- [7] Schadow G, McDonald CJ, Suico J, Föhring U, Tolxdorff T: Units of Measure in Clinical Information Systems. J Am Med Inform Assoc.1999; 6: 151-161.
<http://www.jamia.org/cgi/content/abstract/6/2/151>
- [8] International Union of Pure and Applied Chemistry/International Federation of Clinical Chemistry. The Silver Book: Compendium of terminology and nomenclature of properties in clinical laboratory sciences. Oxford: Blackwell Scientific Publishers, 1995.
- [9] IHE Laboratory Technical Framework, Supplement "Sharing Laboratory Reports (XDS-LAB) [9]. http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_Lab-TF_Suppl_XDS-LAB_PC_2006-06-15.pdf.

5.2 Gebräuchliche UCUM Einheiten

In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele für gültige UCUM-Codes aufgelistet:

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
%	Percent	%	1
/uL	PerMicroLiter	/uL	L-3
[iU]/L	InternationalUnitsPerLiter	IU/L	L-3[arb]
10*3/uL	ThousandsPerMicroLiter	K/uL, x10 ³ /mm ³	L-3
10*6/uL	MillionsPerMicroLiter	M/uL, x10 ⁶ /mm ³	L-3
fL	FemtoLiter	fL	L-3
g/dL	GramsPerDeciLiter	g/dL	L-3M
g/L	GramsPerLiter	g/L	L-3M
g/mL	GramsPerMilliLiter	g/mL	L-3M
kPa	KiloPascal	kPa	L-1MT-2
m[iU]/mL	MilliInternationalUnitsPerMilliLiter	mIU/mL	L-3[arb]
meq/L	MilliEquivalentsPerLiter	mEq/L	L-3N
mg/dL	MilliGramsPerDeciLiter	mg/dL	L-3M
mm[Hg]	MilliMetersOfMercury	mm Hg	L-1MT-2
mmol/kg	MilliMolesPerKiloGram	mmol/kg	M-1N
mmol/L	MilliMolesPerLiter	mmol/L	L-3N
mosm/kg	MilliOsmolesPerKiloGram	mOsm/kg	M-1N
ng/mL	NanoGramsPerMilliLiter	ng/mL	L-3M
nmol/L	NanoMolesPerLiter	nmol/L	L-3N
pg	PicoGrams	pg	M
pg/mL	PicoGramsPerMilliLiter	pg/mL	L-3M
pmol/L	PicoMolesPerLiter	pmol/L	L-3N
[arb'U]/L	UnitsPerLiter	U/L	L-3[arb]
u[iU]/mL	MicroInternationalUnitsPerMilliLiter	uIU/mL	L-3[arb]
ug/dL	MicroGramsPerDeciLiter	ug/dL	L-3M
ug/L	MicroGramsPerLiter	ug/L	L-3M
ug/mL	MicroGramsPerMilliLiter	ug/mL	L-3M
umol/L	MicroMolesPerLiter	umol/L	L-3N

Unity

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
B	Log10	log 10	1
10*6/{Specimen}	MillionPerSpecimen	x10 ⁶ /spec	1
/tot}	PerTotalCount	/Total	1
10*3	Thousand	x10 ³	1
10*3.{RBC}	ThousandRedBloodCells	x10 ³ RBCs	1
10*5	OneHundredThousand	x10 ⁵	1
10*6	Million	x10 ⁶	1
10*8	TenToEighth	x10 ⁸	1

General Fraction Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
%	Percent	%	1
%{Relative}	RelativePercent	Relative %	1
%{Total}	PercentTotal	% of Total	1
%{0to3Hours}	Percent0to3Hours	% 0-3 h	1

Number Fraction Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
/10*10	PerTenGiga	/10 ¹⁰	1
/10*6	PerMillion	/10 ⁶	1
/10*9	PerBillion	/10 ⁹	1

/10*12	PerTrillion	/10^12	1
%{Normal}	PercentNormal	% Normal	1
%{SpermMotility}	PercentSpermMotility	% Sperm Motility	1
%{Positive}	PercentPositive	% Positive	1
%{FetalErythrocytes}	PercentFetalErythrocytes	% Fetal RBC	1
%{OfLymphocytes}	PercentOfLymphocytes	% Lymphs	1
%{ofBacteria}	PercentofBacteria	% Bacteria	1
%{OfWBCs}	PercentOfWBCs	% WBCs	1
%{Abnormal}	PercentAbnormal	% Abnormal	1
%{EosSeen}	PercentEosinophilsSeen	% EOS Seen	1
%{Hemolysis}	PercentHemolysis	% Hemolysis	1
%{Blockade}	PercentBlockade	% Blockade	1
%/100{WBC}	PercentPer100WBC	% per 100 WBC	1

Mass Or Substance Fraction Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
%{Binding}	PercentBinding	% Binding	1
%{TotalProtein}	PercentTotalProtein	% Total Protein	1
%{Bound}	PercentBound	% Bound	1
%{Hemoglobin}	PercentHemoglobin	% Hgb	1
%{HemoglobinSaturation}	PercentHemoglobinSaturation	% Hgb SAT	1
%{Carboxyhemoglobin}	PercentCarboxyhemoglobin	% CO Hgb	1
%{HemoglobinA1C}	PercentHemoglobinA1C	% Hgb A1C	1

Mass Or Substance Rate Fraction Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
%{Excretion}	PercentExcretion	% Excretion	1
%{Uptake}	PercentUptake	% Uptake	1

Mass Ratio Or Mass Fraction Or Mass Content Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
ug/ng	MicroGramsPerNanoGram	ug/ng	1
ng/mg	NanoGramsPerMilliGram	ng/mg	1
ng/mg{Protein}	NanoGramsPerMilliGramProtein	ng/mg Prot	1
ug/mg	MicroGramsPerMilliGram	ug/mg	1
ug/mg{Cre}	MicroGramsPerMilliGramCreatinine	ug/mg Cre	1
mg/mg	MilliGramsPerMilliGram	mg/mg	1
mg/mg{Cre}	MilligramsPerMilligramCreatinine	mg/mg Cre	1
ng/g	NanoGramsPerGram	ng/g	1
ng/g{Cre}	NanoGramsPerGramCreatinine	ng/g Cre	1
ug/g	MicroGramsPerGram	ug/g	1
ug/(100.g)	MicroGramPer100Gram	ug/100 g	1
ug/g{DryWeight}	MicroGramPerGramDryWeight	ug/g Dry Weight	1
ug/g{Cre}	MicroGramPerGramCreatinine	ug/g Cre	1
ug/g{Hgb}	MicroGramsPerGramHemoglobin	ug/g Hgb	1
mg/g	MilliGramsPerGram	mg/g	1
mg/g{Cre}	MilliGramPerGramCreatinine	mg/g Cre	1
g/g	GramsPerGram	g/g	1
ng/kg	NanoGramsPerKiloGram	ng/kg	1
ug/kg	MicroGramsPerKiloGram	ug/kg	1
mg/kg	MilliGramsPerKiloGram	mg/kg	1
g/kg	GramsPerKiloGram	g/kg	1
g/(100.g)	GramsPer100Gram	g/100g	1
g/g{Cre}	GramsPerGramCreatinine	g/g Cre	1

Substance Ratio Or Substance Fraction Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
pmol/umol	PicoMolesPerMicroMole	pmol/umol	1

nmol/mmol	NanoMolesPerMilliMole	nmol/mmol	1
nmol/mmol{Cre}	NanoMolesPerMilliMoleCreatinine	nmol/mmol Cre	1
nmol/mol	NanoMolesPerMole	nmol/mol	1
umol/mol	MicroMolesPerMole	umol/mol	1
mmol/mol	MilliMolesPerMole	mmol/mol	1
mmol/mol{Cre}	MilliMolesPerMoleCreatinine	mmol/mol Cre	1
umol/mol{Cre}	MicroMolesPerMoleCreatinine	umol/mol Cre	1
eq/umol	EquivalentsPerMicroMole	eq/umol	1
eq/mmol	EquivalentsPerMilliMole	eq/mmol	1
eq{BoneCollagen}/mmol{Cre}	BoneCollagenEquivalentsPerMilliMoleCreatinine	BCE/mmol Cre	1
eq{BoneCollagen}/umol{Cre}	BoneCollagenEquivalentsPerMicroMoleCreatinine	BCE/umol Cre	1

Volume Fraction Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
%{vol}	VolumePercent	Volume %	1
%{Oxygen}	PercentOxygen	% Oxygen	1
mL/dL	MilliLitersPerDeciLiter	cc/dL	1

Catalytic Fraction Or Arbitrary Fraction Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
%{NormalPooledPlasma}	PercentNormalPooledPlasma	% Normal Pooled Plasma	1
%{Activity}	PercentActivity	% Activity	1
%{BasalActivity}	PercentBasalActivity	% Basal Activity	1
%{Inhibition}	PercentInhibition	% Inhibition	1

Entitic Number Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
/Entity	PerEntity	/Entity	1
/100{WBC}	Per100WBC	/100 WBCs	1
/100	Per100	/100	1
/100{Spermatozoa}	Per100Spermatozoa	/100 Sperm	1
/10*12{rbc}	PerTrillionRedBloodCells	/10 ¹² RBCs	1

Plane Angle Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
deg	DegreesOfArc	Deg	1

Arbitrary Number Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
/[arb'U]	PerArbitraryUnit	/Arbitrary Unit	[arb]-1

Arbitrary Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
u[iU]	MicroInternationalUnit	uIU	[arb]
[iU]	InternationalUnit	IU	[arb]
10*6.[iU]	MillionInternationalUnit	10 ⁶ IU	[arb]

English Length Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
[in_i]	Inch	in	L
[ft_i]	Feet	ft	L
[yd_i]	Yard	yd	L
[fth_i]	Fathom	fathom	L
[mi_i]	StatuteMile	mi	L
[nmi_i]	NauticalMile	n mile	L
[Ch]	French	French Unit	L

SI Length Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
fm	FemtoMeter	fm	L
pm	PicoMeter	pm	L
nm	NanoMeter	nm	L
um	MicroMeter	um	L
mm	MilliMeter	mm	L
cm	CentiMeter	cm	L
dm	DeciMeter	dm	L
m	Meter	m	L
km	KiloMeter	km	L

English Mass Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
[gr]	Grain	gr	M
[oz_av]	Ounce	oz	M
[oz_tr]	TroyOunce	tr oz	M
[lb_av]	Pound	lb	M
[ston_av]	Ton	Ton	M
[dr_av]	Dram	dr	M

SI Mass Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
fg	FemtoGram	fg	M
pg	PicoGram	pg	M
ng	NanoGram	ng	M
ug	MicroGram	ug	M
ug/{TotalVolume}	MicroGramsPerTotalVolume	ug/Total Volume	M
ug/{Specimen}	MicroGramsPerSpecimen	ug/Spec	M
mg	MilliGram	mg	M
mg/{Volume}	MilliGramsPerVolume	mg/Volume	M
mg/{TotalVolume}	MilliGramPerTotalVolume	mg/Total Volume	M
g	Gram	g	M
g/{TotalWeight}	GramsPerTotalWeight	g/Total Weight	M
dg	DeciGram	dg	M
cg	CentiGram	cg	M
kg	KiloGram	kg	M
t	MetricTon	Metric Ton	M

Lineic Mass Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
pg/mm	PicoGramsPerMilliMeter	pg/mm	L-1M

Temperature Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
K	DegreesKelvin	K	q
Cel	DegreesCelsius	C	q
[degF]	DegreesFahrenheit	F	q

Thermal Resistance Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
K/W	KelvinPerWatt	K/Watt	L-2M-1T3q

Time Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
ps	PicoSecond	ps	T
ns	NanoSecond	ns	T
us	MicroSecond	us	T
ms	MilliSecond	ms	T
s	Second	sec	T
ks	KiloSecond	ks	T
Ms	Megasecond	Ms	T
min	Minute	min	T
h	Hour	h	T
d	Day	d	T
wk	Week	wk	T
mo	Month	Mo	T
a	Year	yr	T

Substance Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
eq	Equivalent	eq	N
ueq	MicroEquivalent	ueq	N
meq	MilliEquivalent	meq	N
meq/{Specimen}	MilliEquivalentsPerSpecimen	meq/Spec	N
mol	Mole	mol	N
mmol	MilliMole	mmol	N
mmol/{TotalVolume}	MilliMolesPerTotalVolume	mmol/Total Volume	N
fmol	Femtomole	fmol	N
pmol	PicoMole	pmol	N
umol	MicroMole	umol	N
nmol	NanoMole	nmol	N
mosm	MilliOsmole	mosm	N

Areic Substance Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
meq/m2	MilliEquivalentsPerSquareMeter	meg/m^2	L-2N
mmol/m2	MilliMolesPerSquareMeter	mmol/m^2	L-2N

English Area Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
[sin_i]	SquareInch	in^2	L2
[sft_i]	SquareFeet	ft^2	L2
[syd_i]	SquareYard	yd^2	L2

SI Area Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
mm ²	SquareMilliMeter	mm ²	L ²
cm ²	SquareCentiMeter	cm ²	L ²
m ²	SquareMeter	m ²	L ²

English Volume Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
[foz_us]	FluidOunce	fl oz	L ³
[cin_i]	CubicInch	in ³	L ³
[cup_us]	Cup	Cup	L ³
[pt_us]	Pint	pt	L ³
[qt_us]	Quart	qt	L ³
[gal_us]	Gallon	gal	L ³
[fdr_us]	FluidDram	fl dr	L ³

SI Volume Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
fL	FemtoLiter	fL	L ³
pL	PicoLiter	pL	L ³
nL	NanoLiter	nL	L ³
uL	MicroLiter	uL	L ³
mL	MilliLiter	mL	L ³
mL/{h'b}	MilliLitersPerHeartbeat	mL/heart beat	L ³
L	Liter	L	L ³
dL	DeciLiter	dL	L ³
cL	CentiLiter	cL	L ³
kL	KiloLiter	kL	L ³
hL	HectoLiter	hL	L ³

Volume Duration Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
L.s ² /s	LiterSquareSecondPerSecond	L s ² /s	L ³ T

Number Content Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
/mg	PerMilliGram	mg	M-1
/g	PerGram	/g	M-1
/g{creat}	PerGramCreatinine	/g Cre	M-1
/g{HGB}	PerGramHemoglobin	/g Hgb	M-1
/g{tot'nit}	PerGramTotalNitrogen	/g Total Nitrogen	M-1
/g{tot'prot}	PerGramTotalProtein	/g Total Protein	M-1
/g{wet'tis}	PerGramWetTissue	/g Wet Tissue	M-1
/kg	PerKiloGram	/kg	M-1
/kg{body'wt}	PerKiloGramBodyWeight	/kg Body Weight	M-1

Substance Content Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
fmol/mg	FemtoMolesPerMilliGram	fmol/mg	M-1N
nmol/mg	NanoMolesPerMilliGram	nmol/mg	M-1N
umol/mg	MicroMolesPerMilliGram	umol/mg	M-1N
umol/mg{Cre}	MicroMolesPerMilliGramCreatinine	umol/mg Cre	M-1N

mol/kg	MolesPerKiloGram	mol/kg	M-1N
fmol/g	FemtoMolesPerGram	fmol/gm	M-1N
nmol/g	NanoMolesPerGram	nmol/g	M-1N
nmol/g{Cre}	NanoMolesPerGramCreatinine	nmol/g Cre	M-1N
umol/g	MicroMolesPerGram	umol/g	M-1N
umol/g{Cre}	MicroMolesPerGramCreatinine	umol/g Cre	M-1N
umol/g{Hgb}	MicroMolesPerGramHemoglobin	umol/g Hgb	M-1N
mmol/g	MilliMolesPerGram	mmol/g	M-1N
mmol/kg	MilliMolesPerKiloGram	mmol/kg	M-1N
osm/kg	OsmolesPerKiloGram	Osm/kg	M-1N

Substance Rate Content Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
mosm/kg	MilliOsmolesPerKiloGram	mosm/kg	M-1T-1N
meq/g	MilliEquivalentsPerGram	meq/g	M-1N
meq/g{Cre}	MilliEquivalentsPerGramCreatinine	meq/g Cre	M-1N
meq/kg	MilliEquivalentsPerKiloGram	meq/kg	M-1N

Arbitrary Concentration Content Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
[iU]/g	InternationalUnitsPerGram	IU/g	M-1[arb]
[iU]/g{Hgb}	InternationalUnitsPerGramHemoglobin	IU/g Hgb	M-1[arb]
{Ehrlich_U}/(100.g)	EhrlichUnitsPer100Gram	EU/100 g	M-1[arb]
[iU]/kg	InternationalUnitsPerKilogram	IU/kg	M-1[arb]
umol/min/g	MicroMolesPerMinutePerGram	umol/min/g	M-1T-1N
mU/g	MilliUnitsPerGram	mU/g	M-1T-1N
mU/g{Hgb}	MilliUnitsPerGramHemoglobin	mU/g Hgb	M-1T-1N
U/g	UnitsPerGram	U/g	M-1T-1N
U/g{Hgb}	UnitsPerGramHemoglobin	U/g Hgb	M-1T-1N
U/g{Cre}	UnitsPerGramCreatinine	U/g Cre	M-1T-1N
mU/mg{Cre}	MilliUnitsPerMilliGramCreatinine	mU/mg Cre	M-1T-1N
mU/mg	MilliUnitsPerMilligram	mU/mg	M-1T-1N
kU/g	KiloUnitsPerGram	kU/g	M-1T-1N
kat/kg	KatalPerKilogram	kat/kg	M-1T-1N

Volume Content Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
mL/kg	MilliLitersPerKiloGram	mL/kg	L3M-1
L/kg	LitersPerKilogram	L/kg	L3M-1

Energy Content Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
kcal/[oz_av]	KiloCaloriesPerOunce	kCal/oz	L2T-2

Areic Number Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
/m2	PerSquareMeter	/m^2	L-2

Areic Mass Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
g/m2	GramsPerSquareMeter	g/m^2	L-2M
kg/m2	KiloGramsPerSquareMeter	kg/m^2	L-2M

ug/m ²	MicroGramsPerSquareMeter	ug/m ²	L-2M
mg/m ²	MilliGramsPerSquareMeter	mg/m ²	L-2M
ng/m ²	NanoGramsPerSquareMeter	ng/m ²	L-2M

Massive Distance Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
g.m	GramMeter	Gram Meter	LM
g.m/{hb}	GramMeterPerHeartbeat	Gram Meter/Heartbeat	LM
g.m/({hb}.m ²)	GramMeterPerHeartbeatPerSquareMeter	Gram Meter/Heartbeat/m ²	L-1M

Molar Mass Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
kg/mol	KiloGramsPerMole	kg/mol	MN-1

Number Concentration Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
/uL	PerMicroLiter	/mm ³	L-3
{Cells}/uL	CellsPerMicroLiter	cells/uL	L-3
{rbc}/uL	RedBloodCellsPerMicroLiter	RBC/mm ³	L-3
10*3/uL	ThousandsPerMicroLiter	10 ³ /uL	L-3
10*6/uL	MillionsPerMicroLiter	10 ⁶ /uL	L-3
10*9/uL	BillionsPerMicroLiter	10 ⁹ /uL	L-3
/mL	PerMilliLiter	/mL	L-3
{Spermatozoa}/mL	SpermatozoaPerMilliLiter	Sperm/mL	L-3
{Copies}/mL	CopiesPerMilliLiter	Copies/mL	L-3
10*3/mL	ThousandPerMilliLiter	10 ³ /mL	L-3
10*3{Copies}/mL	ThousandCopiesPerMilliLiter	10 ³ copies/mL	L-3
10*6/mL	MillionPerMilliLiter	10 ⁶ /mL	L-3
10*9/mL	BillionsPerMilliliter	10 ⁹ /mL	L-3
{cfu}/mL	ColonyFormingUnitsPerMilliLiter	cfu/mL	L-3
/dL	PerDeciLiter	/dL	L-3
/L	PerLiter	/L	L-3
10*3/L	ThousandPerLiter	10 ³ /L	L-3
10*6/L	MillionPerLiter	10 ⁶ /L	L-3
10*12/L	TrillionPerLiter	10 ¹² /L	L-3
10*9/L	BillionPerLiter	10 ⁹ /L	L-3

Mass Concentration Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
pg/mL	PicoGramsPerMilliLiter	pg/mL	L-3M
ng/mL	NanoGramsPerMilliLiter	ng/mL	L-3M
ng/mL{rbc}	NanoGramsPerMilliLiterRedBloodCells	ng/mL RBCs	L-3M
ug/mL	MicroGramsPerMilliLiter	ug/mL	L-3M
mg/mL	MilliGramsPerMilliLiter	mg/mL	L-3M
g/mL	GramsPerMilliLiter	g/mL	L-3M
pg/dL	PicoGramsPerDeciLiter	pg/dL	L-3M
ng/dL	NanoGramsPerDeciLiter	ng/dL	L-3M
ug/dL	MicroGramsPerDeciLiter	ug/dL	L-3M
ug/dL{rbc}	MicroGramsPerDeciLiterRedBloodCells	ug/dL RBCs	L-3M
mg/dL	MilliGramsPerDeciLiter	mg/dL	L-3M
mg{Phenylketones}/dL	MilliGramsPhenylketonesPerDeciLiter	mg Phe/dL	L-3M
g/dL	GramsPerDeciLiter	g/dL	L-3M
ng/L	NanoGramsPerLiter	ng/L	L-3M
pg/L	PicoGramsPerLiter	pg/L	L-3M
ug/L	MicroGramsPerLiter	ug/L	L-3M
mg/L	MilliGramsPerLiter	mg/L	L-3M

g/L	GramsPerLiter	g/L	L-3M
kg/L	KiloGramsPerLiter	kg/L	L-3M
mg/m ³	MilliGramsPerCubicMeter	mg/m ³	L-3M
kg/m ³	KiloGramsPerCubicMeter	kg/m ³	L-3M

Substance Concentration Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
fmol/mL	FemtoMolesPerMilliLiter	fmol/mL	L-3N
pmol/mL	PicoMolesPerMilliLiter	pmol/mL	L-3N
nmol/mL	NanoMolesPerMilliLiter	nmol/mL	L-3N
umol/mL	MicroMolesPerMilliLiter	umol/mL	L-3N
mol/mL	MolesPerMilliLiter	mol/mL	L-3N
pmol/dL	PicoMolesPerDeciLiter	pmol/dL	L-3N
nmol/dL	NanoMolesPerDeciLiter	nmol/dL	L-3N
umol/dL	MicroMolesPerDeciLiter	umol/dL	L-3N
mmol/dL	MilliMolesPerDeciLiter	mmol/dL	L-3N
mmol/L	MilliMolesPerLiter	mmol/L	L-3N
pmol/L	PicoMolesPerLiter	pmol/L	L-3N
nmol/L	NanoMolesPerLiter	nmol/L	L-3N
umol/L	MicroMolesPerLiter	umol/L	L-3N
mol/L	MolesPerLiter	mol/L	L-3N
mol/m ³	MolesPerCubicMeter	mol/m ³	L-3N
ueq/mL	MicroEquivalentsPerMilliLiter	ueq/mL	L-3N
meq/mL	MilliEquivalentPerMilliLiter	meq/mL	L-3N
eq/mL	EquivalentsPerMilliLiter	eq/mL	L-3N
eq{AHG}/mL	AHGEquivalentsPerMilliLiter	AHG eq/mL	L-3N
10*6.eq/mL	MillionEquivalentsPerMilliLiter	10 ⁶ eq/mL	L-3N
ueq/L	MicroEquivalentsPerLiter	ueq/L	L-3N
meq/L	MilliEquivalentsPerLiter	meq/L	L-3N
eq/L	EquivalentsPerLiter	eq/L	L-3N
meq/dL	MilliEquivalentsPerDeciLiter	meq/dL	L-3N
mosm/L	MilliOsmolesPerLiter	mOsm/L	L-3N
osm/L	OsmolesPerLiter	Osm/L	L-3N

Arbitrary Concentration Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
u[iU]/mL	MicroInternationalUnitsPerMilliLiter	uIU/mL	L-3[arb]
m[iU]/mL	MilliInternationalUnitsPerMilliLiter	mIU/mL	L-3[arb]
[arb'U]{IgGPhospholipid}/mL	IgGPhospholipidUnitsPerMilliLiter	IgG Phospholipid U/mL	L-3[arb]
[arb'U]{IgMPhospholipid}/mL	IgMPhospholipidUnitsPerMilliLiter	IgM Phospholipid U/mL	L-3[arb]
[arb'U]{IgAPhospholipid}/mL	IgAPhospholipidUnitsPerMilliLiter	IgA Phospholipid U/mL	L-3[arb]
[arb'U]{ComplementCh50}/mL	ComplementCh50UnitsPerMilliLiter	CH50 U/mL	L-3[arb]
{Elisa_U}/mL	ElisaUnitsPerMilliLiter	Elisa U/mL	L-3[arb]
[iU]/mL	InternationalUnitsPerMilliLiter	IU/mL	L-3[arb]
k[iU]/mL	KiloInternationalUnitsPerMilliLiter	kIU/mL	L-3[arb]
[iU]/dL	InternationalUnitsPerDeciLiter	IU/dL	L-3[arb]
{Ehrlich_U}/dL	EhrlichUnitsPerDeciLiter	EU/dL	L-3[arb]
m[iU]/L	MilliInternationalUnitsPerLiter	mIU/L	L-3[arb]
[iU]/L	InternationalUnitsPerLiter	IU/L	L-3[arb]

pH Units

Valid UCUM Code	Descriptive Name	Common Synonym (non-UCUM)	Dimension (IUPAC)
[pH]	pH	pH	[pH]

