

Datenbank & SQLite

Christoph Rinne*

16. Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlegende Information	1
1.1	SQLite in R / RStudio	2
2	SQL Grundlagen	2
2.1	Tabelle erstellen	2
2.2	Daten eintragen : INSERT	3
2.3	Daten abfragen : SELECT	3
2.4	Daten modifizieren : UPDATE	6
2.5	Unterabfragen	6
2.6	Löschabfragen	6
3	Tabellen, Daten und Relationen	6
3.1	Tabelle erstellen	7
3.2	Datentypen	7
3.3	Attribute: Standardwerte, Referenzen und Schlüsselfelder	8
3.4	Schlüsselfelder, Indices und Check	8
3.5	Externe Referenz und Fremdschlüssel	9
3.6	Trigger	9
4	Daten kombinieren	9
4.1	VIEW	9
4.2	JOIN	10
4.3	UNION	11
5	Datentransfer	12
5.1	Attach	12
5.2	Export, Dump	13
6	Software	13
6.1	DB Browser SQLite	13

1 Grundlegende Information

SQL steht für *structured query language* und dient dem Erstellen, Nutzen und Modifizieren von relationalen Datenbanken. Ob Sie eine SQL-Datenbank verwenden sollten, hängt von der Komplexität Ihrer Daten und der geplanten Nutzung ab (s. auch “[Appropriate uses for SQLite](#)”). Nachfolgend spielen Datenstrukturen und -modelle vorderhand keine zentrale Rolle. Sie sollten sich damit aber vor dem Erstellen einer Datenbank befassen.

SQL ist weit verbreitet, Sie finden SQL-Syntax z.B. in QGIS für das Filtern eines Datenbestandes. Die grundlegenden Befehle und die zugehörige Syntax sind weitgehend einheitlich, es gibt aber auch zahlreiche Erweiterungen über die Jahre (SQL89, SQL92) und für einzelne Datenbanksysteme (SQLite,

*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, crinne@ufg.uni-kiel.de

MySQL, PostgreSQL, ORACLE etc). SQL Datenbanksysteme sind fast ausnahmslos Server-Systeme, eine Ausnahme ist [SQLite](#).

SQL ist die *lingua franca* für relationale Datenbanken. Auch deshalb finden Sie viele andere Einführungen im Internet (u.a. bei [tutorialspoint](#)). SQL ist eine Sprache und kein Programm für eine Nutzeroberfläche wie es MS Access oder Libre Office Base bieten. [SQLite](#) wird *a priori* auf der Befehlszeile ausgeführt, es gibt aber diverse grafische Nutzeroberflächen, z.B. [DB Browser for SQLite](#) (s.u.).

1.1 SQLite in R / RStudio

Da ich diesen Text in R-Markdown mit RStudio schreibe, verwende ich neben SQLite zudem das Paket [RSQLite](#), um die Befehle in sogenannten *code-chunks* darstellen und ausführen zu können. Das Paket zielt aber prinzipiell auf eine schnelle Integration von Daten aus einer Datenbank in die Analyse in R.

Sofern noch nicht vorhanden, wird mit dem folgenden Code das Paket RSQLite in R installiert und dann geladen.

```
require(RSQLite) || install.packages("RSQLite")
```

```
## [1] TRUE
```

```
library(RSQLite)
```

Dann wird eine neue SQLite Datenbank im Arbeitsspeicher angelegt und zugleich eine Verbindung “db01” hergestellt. In einem anderen Programm müssten Sie ebenfalls eine neue Datenbank erstellen, die dann auch automatisch geöffnet würde. Um in R auf eine vorhandene Datenbank zuzugreifen, müssen Sie ‘dbname = “<Dateiname>”’ schreiben.

```
db01<-dbConnect(RSQLite::SQLite(), dbname = ":memory:")
```

Egal mit welcher Software Sie jetzt arbeiten, Sie sollten nun eine leere Datenbank geöffnet haben.

2 SQL Grundlagen

Im folgenden Abschnitt wird eine Tabelle erstellt, es werden Daten in diese eingetragen, abgefragt und auch modifiziert.

2.1 Tabelle erstellen

Mit den folgenden Befehlen wird die Tabelle tbl_features ggf. gelöscht, also rigoros aufgeräumt, und dann erstellt.

```
DROP TABLE IF EXISTS tbl_features;
```

```
CREATE TABLE "tbl_features" (  
  "feature_id"    INTEGER PRIMARY KEY,  
  "feature_nr"    INTEGER UNIQUE NOT NULL,  
  "f_name"        TEXT,  
  "f_type"        TEXT,  
  "f_dating"      TEXT,  
  "discoverdate"  TEXT  
);
```

Die englischen Befehle und Parameter müssen wohl nicht erläutert werden. Jede Anweisung kann zur besseren Lesbarkeit über mehrere Zeilen laufen und wird mit einem “;” beendet. Die Großbuchstaben sind die traditionelle, optische Hervorhebung der Syntax und nicht notwendig. Klammern gliedern nach allgemein gültigen Regeln die Bestandteile. Gesondert erwähnt sei: *PRIMARY KEY* definiert feature_id als Primärschlüssel wodurch Eindeutigkeit und auch eine automatische Zählung impliziert werden. Im Kern ist es ein dezidiert zugewiesener Name für die stets im Hintergrund geführte Zeilennummer (rowid). Mit *UNIQUE NOT NULL* wird die Angabe einer Befundnummer zur Pflicht und eindeutig.

Folgende **Datentypen** können gesetzt werden: integer (Ganzzahl), real (reelle Zahl), text (Text) und blob (binary long object, Binärobjekt). Gängige Datentypen in SQL sind dann noch date (Datum mit

Uhrzeit) und boolean (Ja/Nein). Zudem wird oft zwischen “klein” und “groß” oder expliziter Dimension unterschieden: integer, long integer, char, varchar etc. SQLite ist hier etwas anders, als Sie es ggf. aus anderen Systemen schon kennen (Stichwort [type affinity](#)). Das Thema ist hier jetzt aber nicht weiter relevant.

Weiteres zur Tabellendefinition später.

2.2 Daten eintragen : INSERT

Datenbanken sollten schon bei der Erhebung der Daten durch entsprechende Strukturen die Qualität der Daten gewährleisten, z.B. durch übersichtliche und aufgabenorientierte Formulare mit Datenkontrolle im Hintergrund. Die nachfolgende Syntax ist also *a priori* nicht für die Handarbeit gedacht.

```
INSERT INTO tbl_features (feature_nr, f_name, f_type, f_dating, discoverdate)
VALUES
(1001, 1001, 'posthole', 'not dated', '2019-05-22'),
(1002, 1002, 'pit', 'neolithic', '2019-05-22'),
(1003, 1001, 'grave', 'Corded Ware', '2019-05-22');
```

Die vorangehende Syntax nennt erst die Tabelle und die zu belegenden Felder (Attribute des Befundes), danach folgen eingeleitet durch *values* die Daten (*recordset*). Alle Werte werden durch “,” getrennt, Text muss mit Anführungszeichen (” oder ’) versehen werden und die Werte einer Datenzeile (*record*) stehen jeweils in Klammern. Beachten Sie bitte, dass die Anzahl und die Reihenfolge der Attribute und nachfolgend aufgeführten Werte sich entsprechen müssen.

Die zentrale Syntax von *INSERT* ist also einfach:

```
INSERT INTO table-name (attribute1, attr..) VALUES (value1, val...);
```

Im Vergleich zur vorgefertigten Anfügeabfrage erkennen Sie: 1. Wir brauchen Kenntnis über die Eigenschaften der Attribute (Zahl, Text, Schlüsselfeld, nicht Null, etc) und müssen entsprechend handeln, sonst erfolgt eine Fehlermeldung. Allerdings können wir Zahlen auch ohne Anführungszeichen in ein Textfeld schreiben. 2. Sie können nicht nur eine Datenzeile, sondern auch mehrere Zeilen anfügen. Wenn Sie stets nur eine Datenzeile (atomar) anfügen, wissen Sie sofort, wann ein Fehler auftritt. Dafür dauert es meist etwas länger, allerdings nicht bei [SQLite](#). In der folgenden Anweisung fehlt z.B. die notwendige Angabe zur Befundnummer in dem Attribut *feature_nr*.

```
INSERT INTO tbl_features (f_name) VALUES (1005);
```

Die folgende Anweisung nennt keine Attribute, deshalb müssen alle vorhandenen Attribute in der korrekten Reihenfolge bedient werden. Für das zu ergänzende Datum wird die Funktion *date()* genutzt, *date('now')* liefert das Systemdatum im Standardformat ‘YYYY-MM-DD’ ([weitere Infos](#)).

```
INSERT INTO tbl_features VALUES (4, 1004, '1004', 'grave', 'Corded Ware', date('now'));
```

Und noch einige Daten zum Üben.

```
INSERT INTO tbl_features (feature_nr, f_type, f_dating, discoverdate)
VALUES
(1005, 'pit', 'Late Neolithic', DATE('now')),
(1006, 'posthole', 'Neolithic', DATE('now')),
(1007, 'posthole', 'not dated', DATE('now'));
```

2.3 Daten abfragen : SELECT

SELECT ist eine der wichtigsten Anweisungen und es kann alles abgefragt werden, was existiert. Wie zuvor erwähnt steht Text in Anführungszeichen, beachten Sie also das Ergebnis der folgenden Abfrage.

```
SELECT 'col 1', 2, '3', 1+3, pi() AS magic;
```

Tabelle 1: 1 records

'col 1'	2	'3'	1+3	magic
col 1	2	3	4	3.141593

Die zuvor in der Tabelle `tbl_features` eingetragenen Daten können wir nun durch das Anfügen des Tabellennamens als Quelle abfragen, wobei wir statt einzelner Attribute mit `*` schlicht alle abfragen.

```
SELECT * FROM tbl_features;
```

Tabelle 2: 7 records

feature_id	feature_nr	f_name	f_type	f_dating	discoverdate
1	1001	1001	posthole	not dated	2019-05-22
2	1002	1002	pit	neolithic	2019-05-22
3	1003	1001	grave	Corded Ware	2019-05-22
4	1004	1004	grave	Corded Ware	2022-12-16
5	1005	NA	pit	Late Neolithic	2022-12-16
6	1006	NA	posthole	Neolithic	2022-12-16
7	1007	NA	posthole	not dated	2022-12-16

2.3.1 Filtern

Natürlich gibt es zahlreiche Möglichkeiten die Abfrage anzupassen, um die gewünschte Information zu erhalten. Das ist vor allem die Bedingung mit *WHERE*. Für Zahlen können folgende Operatoren verwendet werden: `<`, `>`, `=`, `>=`, `<=`, `<>`.

```
SELECT feature_nr, f_type, f_dating FROM tbl_features
WHERE feature_nr > 1005;
```

Tabelle 3: 2 records

feature_nr	f_type	f_dating
1006	posthole	Neolithic
1007	posthole	not dated

Text muss weiterhin in Anführungszeichen stehen und als Operatoren werden erneut `=` und `<>` verwendet, dazu *like* für unscharfe Suchen in Ergänzung mit `%` innerhalb der Anführungszeichen und *is not* für die Negation eines Operators. Mit Klammern, *and* und *or* können komplexere Bedingungen erstellt werden. Beachten Sie bitte später auch Unterschiede zwischen *NULL* und `" "` als Hinweis auf eine leere Zeichenkette.

```
SELECT feature_nr, f_type, f_dating FROM tbl_features
WHERE ((f_type is not null) and (f_dating not like "n%"));
```

Tabelle 4: 3 records

feature_nr	f_type	f_dating
1003	grave	Corded Ware
1004	grave	Corded Ware
1005	pit	Late Neolithic

2.3.2 Sortieren

Die Rückgabe einer Abfrage kann nach einem Sortierfeld oder mehreren mit einem Komma getrennten Sortierfeldern jeweils absteigend (*desc*) oder aufsteigend (*asc*) sortiert werden.

```
SELECT feature_nr, f_name, f_type, f_dating FROM tbl_features
ORDER BY f_type DESC, feature_nr ASC;
```

Tabelle 5: 7 records

feature_nr	f_name	f_type	f_dating
1001	1001	posthole	not dated
1006	NA	posthole	Neolithic
1007	NA	posthole	not dated
1002	1002	pit	neolithic
1005	NA	pit	Late Neolithic
1003	1001	grave	Corded Ware
1004	1004	grave	Corded Ware

2.3.3 Gruppieren bzw. Aggregieren

Sie wollen sich einen Überblick verschaffen: Wieviele Befunde habe ich je Epoche und welche Befundtypen sind vertreten? Die folgende Anweisung erledigt dies umgehend. Beachten Sie:

- GROUP BY : Aggregiert den ausgewählten (FROM) Datenbestand (*recordset*) nach den genannten Attributen.
- count() : Die Funktion liefert die Anzahl der aggregierten Datenzeilen.
- group_concat() : Die Funktion ist SQLite spezifisch und liefert die verketteten Werte mit dem angegebenen Trennzeichen.
- AS : Jeder Rückgabewert kann mit einem Etikett (*label*) versehen werden (s.o.), statt der Anweisung nach *SELECT* wird dann dieses als Spaltenüberschrift oder auch für Verweise verwendet. Achten Sie auf die Anführungszeichen wegen “.” und “-” in “Bef.-Nr.”.

```
SELECT f_dating, count(feature_nr) AS n, group_concat(f_name, ", ") AS 'Bef.-Nr.'
FROM tbl_features
GROUP BY f_dating;
```

Tabelle 6: 5 records

f_dating	n	Bef.-Nr.
Corded Ware	2	1001, 1004
Late Neolithic	1	NA
Neolithic	1	NA
neolithic	1	1002
not dated	2	1001

Wollen Sie die aggregierten Daten filtern, wird statt WHERE die Anweisung HAVING nach GROUP BY gesetzt. Als Beispiel hier die Suche nach doppelten Befundnamen, wobei die fehlenden Angaben ausgeschlossen werden.

```
SELECT f_name as Dubletten FROM tbl_features
WHERE f_name IS NOT NULL
GROUP BY f_name
HAVING count(feature_nr) > 1;
```

Tabelle 7: 1 records

Dubletten
1001

Es gibt deutlich mehr Bedingungen und Optionen in der [SELECT-Abfrage](#), aber es reicht für den Anfang.

2.4 Daten modifizieren : UPDATE

Die letzten Abfragen offenbaren einen gravierenden und auch weitere Fehler: Die Befundnummer 1001 ist doppelt vergeben, f_name fehlt in einigen Fällen und *Neolithic* ist einmalig klein geschrieben. Letzteres zuerst:

```
UPDATE tbl_features SET f_dating = 'Neolithic'
WHERE f_dating='neolithic';
```

Beachten Sie bitte die missliche Zweideutigkeit in SQL von "=", einmal als "ist gleich" und einmal als Zuweisung. Auch wird das leere Attribut f_name mit f_name="" nicht gefunden, hier müssen wir korrekt auf *IS NULL* filtern. Da *NULL* nichts ist, nicht einmal " " (eine leere Zeichenkette), ist "=" auch kein zulässiger Operator. Und *NULL* gleicht auch keinem anderen *NULL*.

```
UPDATE tbl_features SET f_name = feature_nr
WHERE f_name IS NULL;
```

2.5 Unterabfragen

Für die Dublette nutzen wir die oben erstellte Abfrage nach den Dubletten als Filter bzw. Unterabfrage. Diese Unterabfrage wird mit "IN" übergeben und die Unterabfrage als ganzes in Klammern gesetzt. Im Ergebnis erhalten wir eine Liste aller Attribute der Dubletten, um eine Entscheidung treffen zu können. Ich würde den Datensatz mit feature_id=3 auf die bisher fehlende Fundnummer 1003 ändern.

```
SELECT * FROM tbl_features
WHERE f_name IN
  (SELECT f_name FROM tbl_features
   GROUP BY f_name
   HAVING count(feature_nr) > 1)
;
```

Tabelle 8: 2 records

feature_id	feature_nr	f_name	f_type	f_dating	discoverdate
1	1001	1001	posthole	not dated	2019-05-22
3	1003	1001	grave	Corded Ware	2019-05-22

```
UPDATE tbl_features
SET feature_nr = 1003, f_name = '1003'
WHERE feature_id = 3;
```

2.6 Löschabfragen

Löschabfragen sind recht einfach und leider irreversibel, also vorher prüfen. Oder Sie multiplizieren bei den zu löschenden Datensätzen die ID mit -1 und filtern immer auf positive, intendiert gültige IDs.

```
DELETE FROM tbl_features WHERE ((feature_nr <> f_name) AND (feature_id < 0));
```

3 Tabellen, Daten und Relationen

Wie oben erwähnt: die Strukturierung der Daten in diversen Tabellen und deren Attribute sollte nicht unüberlegt erfolgen. Investieren Sie etwas Zeit, lesen Sie etwas, skizzieren Sie Ihre Struktur in einem sogenannten Entity-Relationship-Model (ERM) und fragen Sie um Rat.

Einige Hinweise:

- Tabellennamen mit einem Präfix ("tbl_") sind in Datenbanken mit vielen anderen Tabellen, z.B. in SpatiaLite, schneller zu finden.
- Bei allen Namen (Tabellen, Attribute etc) sollten Sie keine Leerzeichen, ",", "-" oder Sonderzeichen wie Umlaute verwenden oder Zahlen an den Anfang setzen.

- Namen sollten möglichst kurz, aber aussagekräftig und dem Inhalt angemessen sein. Seien Sie stringent bei der Schreibweise, z.B. Kleinbuchstaben, und konsequent in der Namensgebung, z.B. stets im Plural (tbl_features).
- Nutzen Sie keine belegten Namen, z.B. für Funktionen: sum(), count(), pi() etc. Bei eingedeutschten Funktionen gilt das auch für summe() oder anzahl().
- Testen Sie Ihre Datenstruktur mit wenigen Datensätzen, bevor Sie das große Werk starten.

3.1 Tabelle erstellen

Die folgende Tabelle soll Informationen zu Fundkontexten (Fundzettel) beinhalten. Hierbei ist wichtig, dass ein Fund nicht ohne Befund existieren soll und deshalb auf diesen als Fremdschlüssel verweist. Mit *constraint* wird noch ein eindeutiger Index für die Kombination von Befundnummer und Fundnummer erstellt.

```
DROP TABLE IF EXISTS "tbl_findcontexts";

CREATE TABLE "tbl_findcontexts" (
    "findcontext_id"    INTEGER PRIMARY KEY,
    "find_nr"    INTEGER NOT NULL,
    "feature_nr"    INTEGER NOT NULL,
    "finddate"    TEXT,
    "description"    TEXT,
    "created"    TEXT DEFAULT current_date,
    FOREIGN KEY (feature_nr) REFERENCES tbl_features(feature_nr),
    CONSTRAINT "feature_find" UNIQUE (feature_nr, find_nr)
);
```

Wie oben erwähnt, die grundlegende Syntax ist einfach: `CREATE TABLE <table name> (<attribute> data type[, <attribute> data type]);` Der Tabellename und mindestens ein Attribut mit nachfolgendem Datentyp sind Pflicht.

3.2 Datentypen

In Ergänzung zu den oben genannten Datentypen *integer*, *real*, *text* und *blob* hier ergänzende Informationen zu:

- *boolean* : sind nicht vorgesehen, sondern werden als 1 (WAHR) oder 0 (FALSCH) gespeichert. Das ist übrigens ein weit verbreiteter Standard, schreiben Sie in MS Excel mal in eine Zelle `=GANZZAHL(WAHR)` oder `=GANZZAHL(FALSCH)`.
- *date* oder *time* : Auch diese Datenformate sind so nicht vorhanden, sondern werden als Text oder Zahl gespeichert. Dazu die folgende Abfrage.

```
select date('now'), date('now','+1 day'), datetime('now'),
    strftime('%s', 'now') AS 'UNIX time', julianday('now');
```

Tabelle 9: 1 records

date('now')	date('now','+1 day')	datetime('now')	UNIX time	julianday('now')
2022-12-16	2022-12-17	2022-12-16 09:45:29	1671183929	2459930

Datum und Zeit werden als Text mit definierten Elementen gespeichert (YYYY-MM-DD HH:MM). Das ist im Grunde aber nur eine Repräsentation, denn Sie können mit dem Datum auch rechnen und die Rückgabe von *date()* auch multiplizieren. Die UNIX Zeit sind die Sekunden ab dem 1.1.1970 und das Julianische Datum ist eine Tageszählung seit -4713 (4713 v. Chr.) mit der Uhrzeit in Nachkommastellen.

Datentypen sind in SQLite insgesamt ein sehr eigenes Thema, im Unterschied zu anderen SQL-Systemen werden diese sehr dynamisch in Klassen umgesetzt (*datatypes*). In Anlehnung an das Beispiel aus der verlinkten Erklärung am Ende des vorangehenden Satzes folgende Anweisungen. Beachte Sie bitte die

Felddefinitionen und das Format der nachfolgend eingefügten Daten, Sie erkennen es an der automatisch erfolgten Ausrichtung.

```
create table test (i integer, t text, d integer);

insert into test values ('123', 123, datetime('now'));

select * from test;
```

Tabelle 10: 1 records

i	t	d
123	123	2022-12-16 09:45:30

```
DROP TABLE IF EXISTS test;
```

Durch die Datenklassen werden unterschiedliche Datentypen zusammengefasst und durch eine intern definierte Hierarchie auch ineinander konvertiert. Dieser Vorgang wird als Datenaffinität (*type affinity*) bezeichnet und gibt mehr Freiheit beim Entwurf der Datenbank.

3.3 Attribute: Standardwerte, Referenzen und Schlüsselfelder

Den einzelnen Attributen können nach dem Datentyp bzw. der Datenklasse weitere Parameter zugewiesen werden. All dies soll die Datenintegrität sicherstellen:

- *PRIMARY KEY* : Setzt den Primärschlüssel und damit die für jede Tabelle mitgeführte *rowid* auf dieses Attribut. Das impliziert eine automatische Zählung und Eindeutigkeit, allerdings mit der Ausnahme, dass NULL erlaubt ist und mehrfach vorkommen kann. Sie können also nachträglich die automatisch vergebenen ID's löschen, es sei denn, Sie ergänzen noch NOT NULL. Es kann nur einen Primärschlüssel je Tabelle geben.
- *UNIQUE* : Die Werte müssen eindeutig sein, wobei auch hier NULL erlaubt ist, es sei denn, Sie ergänzen *NOT NULL*.
- *NOT NULL* : Ein Wert muss angegeben werden.
- *DEFAULT* '<Wert>' : Weist dem Attribut einen Standardwert zu, im Beispiel das Systemdatum.
- *CHECK* : Prüft eine Bedingung.
- *AUTOINCREMENT* : Ist möglich, die SQLite-Dokumentation mahnt aber zur Vorsicht: es wird stets erhöht, einmal gelöschte Werte werden nicht erneut vergeben ([SQLite Autoincrement](#)).

3.4 Schlüsselfelder, Indices und Check

Tabellen und deren Attribute können weiteren Einschränkungen (*constraints*) unterliegen. Jede Einschränkung benötigt einen Namen und danach eine Anweisung, z.B. einen Wert zu prüfen. Für die Tabelle der Fundkontexte soll die Kombination aus Befundnummer und Fundnummer eindeutig sein. Die entsprechende Einschränkung lautet `CONSTRAINT "feature_find" UNIQUE (feature_nr, find_nr)`. Wäre das Attribut `findkontext_id` nicht schon Primärschlüsselfeld, dann wäre mit `CONSTRAINT "feature_find" PRIMARY KEY (feature_nr, find_nr)` oder kurz `PRIMARY KEY (feature_nr, find_nr)` etwas sehr Ähnliches erzielt worden.

Indices, auch mit dezidiertem Eindeutigkeit, können nach der Tabellendefinition erstellt werden. Es dürfen aber keine Datensätze dieser nachträglichen Bedingung widersprechen. Im vorgenannten Fall wäre die Anweisung dann:

```
CREATE UNIQUE INDEX "feature_find" ON tbl_findcontexts (feature_nr, find_nr);
```

Gesetzt den Fall, Sie wollen wirklich nur Zahlen in einem Feld verwenden Sie die Funktion *typeof()* zur Prüfung des Datentyps und schreiben Folgendes:

```
zahlenfeld integer check (typeof(zahlenfeld) = 'integer')
```


3.5 Externe Referenz und Fremdschlüssel

Die Fundkontexte in der Tabelle sollen sich auf einen Befund der Befundtabelle beziehen, dies wird mit einer Referenz *FOREIGN KEY* erzielt (1:n). Eine Eins-zu-Viele-Referenz ist der Standard in SQL und die Zuweisung von keinem bis vielen Fundkontexten (Fundzettel) zu einem Befund ist ein typischer Fall. Der übergeordnete (Eltern-) Datensatz (*record*) muss eindeutig sein. Meist ist es das Primärschlüsselfeld, es kann aber auch ein Attribut mit dem Parameter *UNIQUE* sein. Ein Fremdschlüssel kann sich auch auf einen eindeutigen Schlüssel aus mehreren Attributen beziehen, z.B. die einzelnen Funde auf die Kombination von Befund-Nr. und Fundzettel-Nr. (feature_nr, find_nr). Für das vorliegende Beispiel der Befundnummer auf dem Fundzettel lautet die Syntax:

```
FOREIGN KEY (feature_nr) REFERENCES tbl_features(feature_nr)
```

3.6 Trigger

Trigger führen automatisch Anweisungen aus, wenn bestimmte Ereignisse auftreten. Mit Blick auf unsere bisherige Datenbank darf es z.B. keine Funde aus einem Befund geben der gelöscht wird. Die hier notwendige Syntax wird zunehmend komplexer und hier nicht ausgeführt. Bitte lesen Sie hierzu die originale Dokumentation ([CREATE TRIGGER](#)).

Fügen wir zum Abschluss doch noch einige Daten in die Tabelle der Fundkontexte ein.

```
INSERT INTO tbl_findcontexts (find_nr, feature_nr, finddate, description)
VALUES
(1, 1005, DATE('now'), 'surface finds'),
(2, 1005, DATE('now', '+2 day'), '1. layer'),
(3, 1005, DATE('now', '+1 month'), 'bottom layer');
```

```
Select * FROM tbl_findcontexts;
```

Tabelle 11: 3 records

findcontext_id	find_nr	feature_nr	finddate	description	created
1	1	1005	2022-12-16	surface finds	2022-12-16
2	2	1005	2022-12-18	1. layer	2022-12-16
3	3	1005	2023-01-16	bottom layer	2022-12-16

4 Daten kombinieren

Die Daten befinden sich in diversen Tabellen mit definierten Relationen zueinander. Zwangsläufig müssen wir also Daten aus den diversen Tabellen kombinieren können. Die Anweisung *JOIN* verbindet Daten horizontal zu einer Datenzeile, die Anweisung *UNION* hängt Daten vertikal aneinander in mehreren Datenzeilen. Die derart gestalteten Abfragen werden in der Syntax oft etwas komplexer und liefern zudem oft regelmäßig benötigte Zusammenstellungen von Daten. Deshalb vorab knapp etwas zum Speichern von Abfrage als *VIEW*.

4.1 VIEW

*VIEW*s sind, wie der Name es sagt, vorgefertigte Sichten auf die Daten und keine neuen Daten. Eine *VIEW* ist schlicht eine gespeichert *SELECT*-Anweisung, die Daten sind also jedes mal auf dem aktuellen Stand und nicht redundant vorhanden. Die folgende Anweisung ist mit Kenntnis des vorangehenden selbsterklärend:

```
CREATE VIEW IF NOT EXISTS qry_findcontexts AS
Select * FROM tbl_findcontexts;
```

Die Daten können nun wie bei einer Tabelle abgefragt und auch verwendet werden:

```
Select * FROM qry_findcontexts;
```

Tabelle 12: 3 records

findcontext_id	find_nr	feature_nr	finddate	description	created
1	1	1005	2022-12-16	surface finds	2022-12-16
2	2	1005	2022-12-18	1. layer	2022-12-16
3	3	1005	2023-01-16	bottom layer	2022-12-16

4.2 JOIN

Für JOIN gibt es mehrere Möglichkeiten ([Operatoren](#)), von denen nachfolgend nur *INNER JOIN* und *LEFT JOIN* vorgestellt werden.

4.2.1 [INNER] JOIN

Dieser Befehl liefert ausschließlich die Datensätze, bei denen identische Werte für die ausgewählten Attribute beider Tabellen vorhanden sind. Die folgende Abfrage verwendet zudem die Etiketten a und b für die beteiligten Tabellen, um die Attribute eindeutig und kurz ansprechen zu können.

```
SELECT a.feature_nr, a.f_type, a.f_dating, b.find_nr, b.description
FROM tbl_features AS a INNER JOIN tbl_findcontexts AS b ON a.feature_nr=b.feature_nr;
```

Tabelle 13: 3 records

feature_nr	f_type	f_dating	find_nr	description
1005	pit	Late Neolithic	1	surface finds
1005	pit	Late Neolithic	2	1. layer
1005	pit	Late Neolithic	3	bottom layer

Die Liste wird so auf die Befunde und deren abgefragte Attribute eingeschränkt, die zugleich auch Funde erbracht haben. Im vorliegenden Fall ausschließlich die Grube Befund 1005. Weitere JOIN-Anweisungen für andere Tabellen (c) sind möglich, sowohl mit einem erneuten Bezug auf die erste Tabelle (a) als auch auf die bereits verknüpfte Tabelle (b).

Bedenken Sie auch die Multiplikation der kreuzweisen Verknüpfung bei mehrfach vorhandenen Werten. Dazu eine JOIN Abfrage zwischen der originalen Tabelle der Fundkontexte und der dazu erstellten Abfrage. Jeweils drei Fundkontexte werden zu insgesamt neun Datenzeilen.

```
SELECT a.feature_nr, a.find_nr, b.feature_nr, b.find_nr
FROM tbl_findcontexts AS a INNER JOIN qry_findcontexts AS b ON a.feature_nr=b.feature_nr;
```

Tabelle 14: 9 records

feature_nr	find_nr	feature_nr	find_nr
1005	1	1005	1
1005	1	1005	2
1005	1	1005	3
1005	2	1005	1
1005	2	1005	2
1005	2	1005	3
1005	3	1005	1
1005	3	1005	2
1005	3	1005	3

4.2.2 LEFT [OUTER] JOIN

Die Einschränkung der bedingten Verknüpfung durch *INNER JOIN* ist nicht immer erwünscht. So wäre z.B. eine Liste aller Befunde wünschenswert die zugleich die Anzahl der Fundkontexte liefert. Sie müssen

also erst eine Abfrage mit allen Befunden und, wenn vorhanden, den zugehörigen Fundnummern erstellen. In einem zweiten Schritt wird die Liste dann nach den Befundnummer gruppiert. Das können Sie natürlich ganz real in zwei Schritten über eine erste *VIEW* und eine nachfolgende Abfrage angehen. Hier aber alles in einem Rutsch.

```
SELECT a.feature_nr, a.f_type, a.f_dating, count(b.find_nr) as 'Anzahl Fundkontexte'
FROM tbl_features AS a LEFT JOIN tbl_findcontexts AS b ON a.feature_nr=b.feature_nr
GROUP BY a.feature_nr, a.f_type, a.f_dating;
```

Tabelle 15: 7 records

feature_nr	f_type	f_dating	Anzahl Fundkontexte
1001	posthole	not dated	0
1002	pit	Neolithic	0
1003	grave	Corded Ware	0
1004	grave	Corded Ware	0
1005	pit	Late Neolithic	3
1006	posthole	Neolithic	0
1007	posthole	not dated	0

Bei einem *LEFT JOIN* werden die Attribute ohne einen passenden Datensatz in der verknüpften Tabelle mit NULL gefüllt. Wenn Sie also andersrum wissen wollen, welche Befunde keine zugeordneten Fundkontexte im Datenbestand haben, so können Sie ohne zu gruppieren auf den Attributwert NULL filtern.

```
SELECT a.feature_nr, a.f_type, a.f_dating
FROM tbl_features AS a LEFT JOIN tbl_findcontexts AS b ON a.feature_nr=b.feature_nr
WHERE b.find_nr IS NULL;
```

Tabelle 16: 6 records

feature_nr	f_type	f_dating
1001	posthole	not dated
1002	pit	Neolithic
1003	grave	Corded Ware
1004	grave	Corded Ware
1006	posthole	Neolithic
1007	posthole	not dated

4.3 UNION

Zwei oder mehr *SELECT* Anweisungen können kombiniert werden, neben *UNION* stehen auch *INTERSECT* und *EXCEPT* als Operatoren zur Verfügung. Im Folgenden wollen wir eine Liste aller Informationen zu den Befunden zusammenstellen, um so schnell an alle Informationen zu einem spezifischen Befund zu gelangen. Hätten wir auch datierte Funde erfasst, so könnten wir in der Spalte Information auch alles filtern, wo z.B. '%Neolith%' vorkommt, egal ob Befund- oder Funddatierung. Beachten Sie bitte die Verkettung der Attribute und Textelemente mit "||".

```
SELECT feature_nr AS Befundnr, f_type ||", "|| f_dating AS Information, 'tbl_features' AS Tabelle
FROM tbl_features
UNION ALL
SELECT feature_nr, description, 'tbl_findcontexts'
FROM tbl_findcontexts
ORDER BY Befundnr;
```

Tabelle 17: Displaying records 1 - 10

Befundnr	Information	Tabelle
1001	posthole, not dated	tbl_features
1002	pit, Neolithic	tbl_features
1003	grave, Corded Ware	tbl_features
1004	grave, Corded Ware	tbl_features
1005	pit, Late Neolithic	tbl_features
1005	surface finds	tbl_findcontexts
1005	1. layer	tbl_findcontexts
1005	bottom layer	tbl_findcontexts
1006	posthole, Neolithic	tbl_features
1007	posthole, not dated	tbl_features

Um die Funktionsweise von *UNION* im Gegensatz zu *UNION ALL* zu verstehen, sei folgendes, etwas sinnentleertes Beispiel verwendet:

```
SELECT feature_nr AS Befundnr, f_type AS Information
FROM tbl_features
WHERE feature_nr < 1004
UNION
SELECT feature_nr AS Befundnr, f_type AS Information
FROM tbl_features
WHERE feature_nr < 1004;
```

Tabelle 18: 3 records

Befundnr	Information
1001	posthole
1002	pit
1003	grave

Der einfache UNION-Operator führt offensichtlich eine Gruppierung durch und verhindert im vorliegenden Fall die Dopplung der Befundnummern bis 1003.

Achten Sie stets auf die Anzahl der Attribute und die jeweiligen Datentypen.

5 Datentransfer

Unter Datentransfer werden nachfolgend zwei wichtige Aspekte behandelt: 1. Wie kann ich Daten aus anderen Datenbanken nutzen? 2. Wie kann ich meine Datenbank sichern und Dritten zur Verfügung stellen? Natürlich können Sie Daten als CSV-Tabelle importieren oder Ihre SQLite-Datenbank als Ganzes weitergeben. Aber die nachfolgenden Beispiele haben den Charme, dass Sie 1. die Fremddaten nicht kopieren und damit pflegen müssen und 2. als textbasierte SQL-Anweisungen mit Struktur und Daten auch auf andere SQL-Systeme, ggf. nach einigen Anpassungen, übertragbar sind.

5.1 Attach

Das folgende Beispiel ist erneut etwas sinnentleert, verdeutlicht aber die Grundlagen. Kopieren Sie als erstes die vorliegende Datenbank unter einem neuen Namen, z.B. db02. Mit dem folgenden Befehl können Sie diese Datenbank dann verknüpfen.

```
ATTACH db02 AS db2;
```

Danach können Sie auf die fremden Daten zugreifen:

```
select * from db2.tbl_findcontexts;
```

Anmerkung: Das funktioniert in RSQLite leider nicht, deshalb kein Ergebnis für diese Abfrage.

5.2 Export, Dump

Der Befehl ‘dump’ schreibt eine gesamte Datenbank in zahlreiche SQL-Anweisungen, jeweils die *CREATE TABLE*-Anweisung für das Erstellen der Tabelle und dann die Werte als *INSERT*-Anweisung. Auch dies ist etwas, was in RSQLite innerhalb der definierten Datenbankverknüpfung natürlich nicht funktioniert. Sie sehen nachfolgend also nur die Syntax und einen Teil des Ergebnisses aus der Umsetzung im DB Browser SQLite (s.u.).

Nur soviel an dieser Stelle: Eine Datenbank verwaltet sich selbst ebenfalls in Tabellen und diese Information können wir natürlich abfragen:

```
SELECT sql FROM sqlite_master
WHERE name='tbl_features';
```

```
## CREATE TABLE "tbl_features" (
##   "feature_id"    INTEGER PRIMARY KEY,
##   "feature_nr"    INTEGER UNIQUE NOT NULL,
##   "f_name"        TEXT,
##   "f_type"        TEXT,
##   "f_dating"      TEXT,
##   "discoverdate"  TEXT
## )
```

6 Software

Kern des Ganzen ist natürlich die SQLite database engine die Sie auf [SQLite](#) frei herunterladen können. Auch wenn Sie im Vorangehenden eigentlich auf der Befehlszeile gearbeitet haben, eine GUI bietet schon mehr Komfort und ist deshalb vorzuziehen. Optionen sind hier z.B. [SQLiteStudio](#) (eine umfangreiche GUI mit Versionen für Linux, Mac und Windows) oder auch die deutlich schlankere GUI [little-brother](#) für Windows. Nachfolgend als weiteres Beispiel der DB Browser SQLite.

6.1 DB Browser SQLite

Laden Sie das für Ihr System (Windows, Mac, Linux) benötigte Installationspaket von [sqlitebrowser](#) herunter. Das Programm wird als [Projekt auf github](#) entwickelt, dort finden Sie auch ein [Wiki](#). Es ist also nicht nötig, hier im Detail alles vorzustellen.

6.1.1 GUI

Die GUI gliedert sich unterhalb der Menü- und einer ergänzenden Icon-Leiste für ganz wichtige Befehle in drei Bereiche, von denen zwei jeweils ergänzende Reiter haben.

- Links, im größten Fenster, erfolgt der Zugriff auf die Datenbank:
 - Im ersten Reiter ‘Datenbankstruktur’ auf die Struktur,
 - im Reiter ‘Daten durchsuchen’ auf die Daten, einschließlich Filteroptionen,
 - im Reiter ‘Pragmas bearbeiten’ wird das Verhalten der Datenbank gesteuert und
 - im Reiter ‘SQL ausführen’ wird mit den Daten gearbeitet.
- Rechts oben haben Sie einen Bereich, um die Daten einer Datenzeile zu editieren.
- Rechts unten finden Sie die Reiter unterhalb des Fensters, es sind:
 - ‘SQL-Log’ mit einem Protokoll der in dieser Sitzung ausgeführten SQL-Anweisungen.
 - ‘Diagramm’ für Visualisierungen von Diagrammen,
 - ‘DB-Schema’ mit der Struktur der Datenbank wie im ersten Reiter links und sehr hilfreich beim Schreiben von Anweisungen im SQL-Fenster und
 - ‘Entfernt’ mit weiteren Reitern am oberen Fensterrand zur Administration der Datenbank.

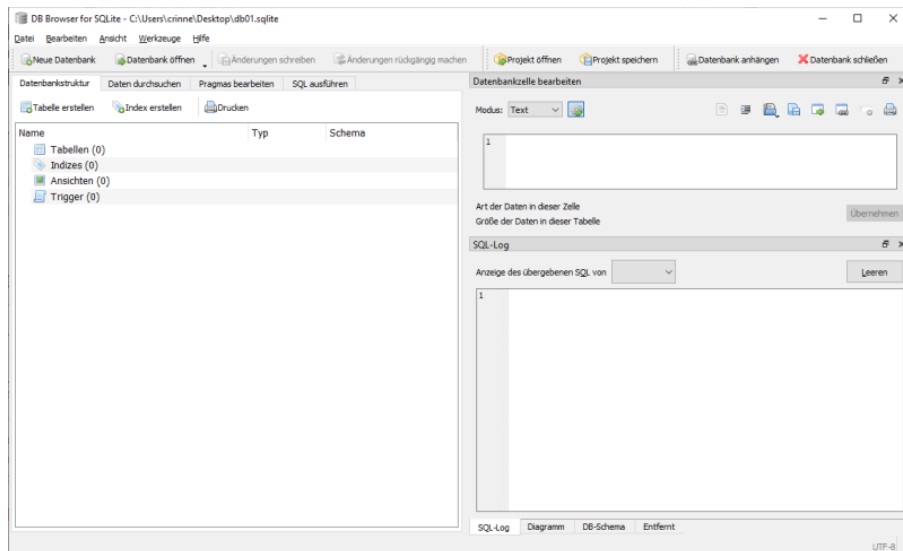


Abbildung 1: Die GUI des DB Browser for SQLite

6.1.2 SQL ausführen

In dem Register ‘SQL ausführen’ können Sie das gesamte SQL-Skript laden. Sie können aber nicht alle Anweisungen auf einmal ausführen, sondern müssen jeden Anweisung einzeln markieren und mit <strg> + <enter> einzeln ausführen.

6.1.3 Datenbank anhängen

Speichern Sie ggf. die aktive Datenbank mit [Änderungen schreiben], erstellen Sie eine Kopie mit dem Namen ‘db02’ und hängen Sie diese Kopie über das Menü mit ‘Datei > Datenbank anhängen ...’ mit dem Namen ‘db2’ an. Danach können Sie auf die Daten dieser Datenbank zugreifen.

```
select * from db2.tbl_findcontexts;
```

6.1.4 Datenbank exportieren (DUMP)

Die SQLite-Datenbank können Sie in diverse Formate exportieren, u.a. SQL: Datei > Export > Datenbank als SQL-Datei Im folgenden Fenster können Sie, je nach Anforderung, diverse Optionen setzen. Für eine vollständige Kopie als SQL-Anweisungen wählen Sie:

- alle Tabellen,
- mehrere Reihen (VALUES) je INSERT-Statement,
- alles exportieren und
- altes Schema überschreiben (DROP TABLE, dann CREATE TABLE).

Die exportierte Datei beginnt mit `BEGIN TRANSACTION;` und endet mit `COMMIT;`, so dass alle Befehle in einem Vorgang abgearbeitet werden. Wichtig ist die Reihenfolge der abhängigen Tabellen bzw. der externen Referenzen, deren Tabellen zuerst erstellt und gefüllt werden müssen. Beachten Sie auch, dass keine Kommentare vorhanden sind. Wenn Sie Ihre Datenbank in dieser Form Dritten zur Verfügung stellen, sollten Sie Kommentare auf jeden Fall noch manuell ergänzen. Kommentarzeilen wird “–” vorangestellt.

```
BEGIN TRANSACTION;
DROP TABLE IF EXISTS "tbl_features";
CREATE TABLE IF NOT EXISTS "tbl_features" (
  "feature_id"    INTEGER,
  "feature_nr"    INTEGER NOT NULL UNIQUE,
  "f_name"        TEXT,
  "f_type"        TEXT,
  "f_dating"      TEXT,
  "discoverdate"  TEXT,
```

```

        PRIMARY KEY("feature_id")
);
DROP TABLE IF EXISTS "tbl_findcontexts";
CREATE TABLE IF NOT EXISTS "tbl_findcontexts" (
    "findcontext_id"    INTEGER,
    "find_nr"    INTEGER NOT NULL,
    "feature_nr"    INTEGER NOT NULL,
    "finddate"    TEXT,
    "description"    TEXT,
    "created"    TEXT DEFAULT current_date,
    FOREIGN KEY("feature_nr") REFERENCES "tbl_features"("feature_nr"),
    CONSTRAINT "feature_find" UNIQUE("feature_nr","find_nr"),
    PRIMARY KEY("findcontext_id")
);
INSERT INTO "tbl_features" VALUES (1,1001,'1001','posthole','not dated','2019-05-22'),
(2,1002,'1002','pit','Neolithic','2019-05-22'),
(3,1003,'1001','grave','Corded Ware','2019-05-22'),
(4,1004,'1004','grave','Corded Ware','2021-12-27'),
(5,1005,'1005','pit','Late Neolithic','2021-12-27'),
(6,1006,'1006','posthole','Neolithic','2021-12-27'),
(7,1007,'1007','posthole','not dated','2021-12-27');
INSERT INTO "tbl_findcontexts" VALUES (1,1,1005,'2021-12-27','surface finds','2021-12-27'),
(2,2,1005,'2021-12-29','1. layer','2021-12-27'),
(3,3,1005,'2022-01-27','bottom layer','2021-12-27');
DROP VIEW IF EXISTS "qry_findcontexts";
CREATE VIEW qry_findcontexts AS
Select * FROM tbl_findcontexts;
COMMIT;

```