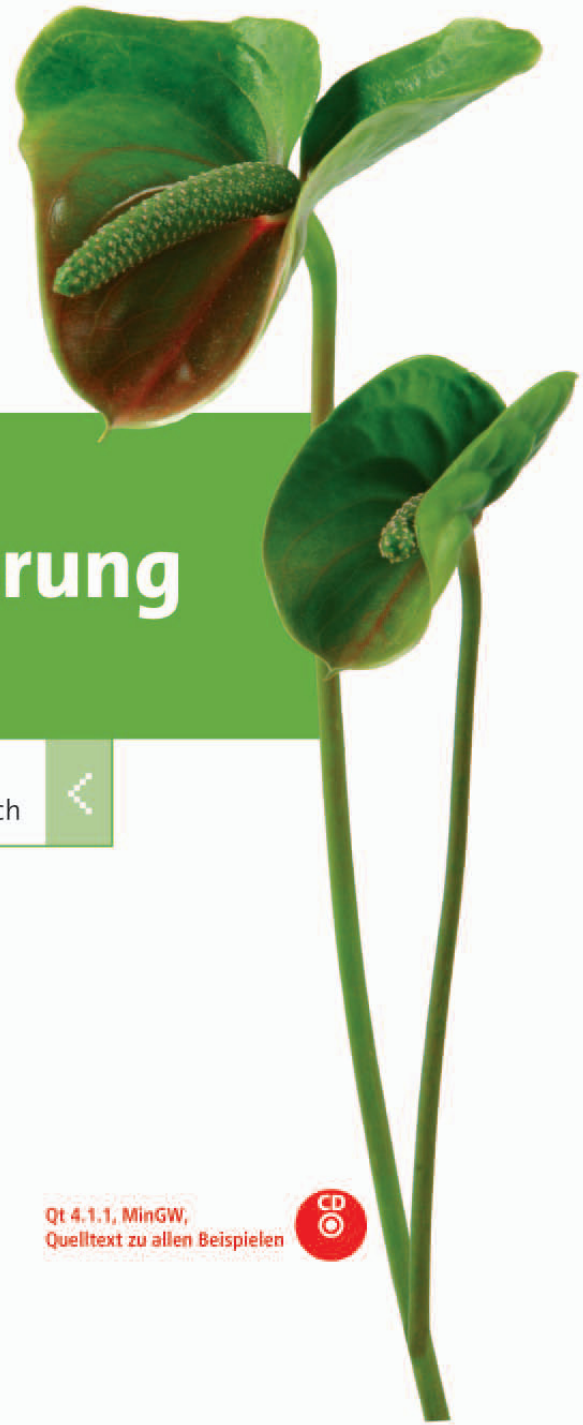
PEARSON Education

PROGRAMMER'S CHOICE

Jasmin Blanchette
Mark Summerfield

C++ GUI Programmierung mit Qt 4

Die offizielle Einführung
mit einem Vorwort von Matthias Ettrich



ADDISON-WESLEY

Qt 4.1.1, MinGW,
Quelltext zu allen Beispielen

CD

3 Hauptfenster erstellen

In diesem Kapitel lernen Sie, wie Sie mithilfe von Qt Hauptfenster erstellen. Am Ende des Kapitels werden Sie in der Lage sein, die gesamte Benutzerschnittstelle einer Anwendung mit Menüs, Symbolleisten, Statusleisten und allen erforderlichen Dialogfeldern zu erstellen.

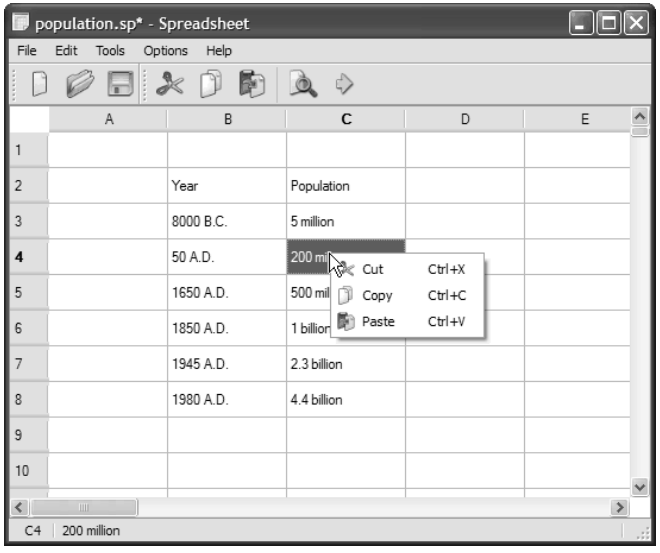


Abbildung 3.1: Die Anwendung Spreadsheet

Das Hauptfenster einer Anwendung stellt das Framework bereit, auf dem die Benutzerschnittstelle aufgebaut wird. Grundlage dieses Kapitels ist das Hauptfenster der in Abbildung 3.1 dargestellten Tabellenkalkulationsanwen-

dung Spreadsheet. Diese Anwendung verwendet die Dialogfelder FIND, GO TO CELL und SORT, die wir in Kapitel 2 erstellt haben.

Hinter den meisten GUI-Anwendungen steht ein Coderumpf, der die zugrunde liegende Funktionalität bereitstellt, z. B. Code zum Lesen und Schreiben von Dateien oder zur Verarbeitung der in der Benutzerschnittstelle präsentierten Daten. In Kapitel 4 sehen wir, wie eine solche Funktionalität implementiert wird, wobei wir wieder die Tabellenkalkulationsanwendung als Beispiel verwenden.

3.1 Subklassen in QMainWindow

Das Hauptfenster einer Anwendung wird erstellt, indem wir Subklassen von `QMainWindow` anlegen. Viele der in Kapitel 2 erörterten Verfahren zum Erstellen von Dialogfeldern sind auch für Hauptfenster relevant, da sowohl `QDialog` als auch `QMainWindow` von `QWidget` erben.

Zwar können Hauptfenster mithilfe von *Qt Designer* erstellt werden, in diesem Kapitel werden wir jedoch alles kodieren, um Ihnen zu zeigen, wie es gemacht wird. Wenn Sie den visuellen Ansatz bevorzugen, schauen Sie sich das Kapitel »*Creating Main Windows in Qt Designer*« in der Onlineanleitung zu *Qt Designer* an.

Der Quellcode für das Hauptfenster der Tabellenkalkulationsanwendung verteilt sich auf die Dateien *mainwindow.h* und *mainwindow.cpp*. Beginnen wir mit der Headerdatei:

```
#ifndef MAINWINDOW_H
#define MAINWINDOW_H

#include <QMainWindow>

class QAction;
class QLabel;
class FindDialog;
class Spreadsheet;

class MainWindow : public QMainWindow
{
    Q_OBJECT

public:
    MainWindow();

protected:
    void closeEvent(QCloseEvent *event);
```

Wir definieren die Klasse `MainWindow` als Subklasse von `QMainWindow`. Sie enthält das Makro `Q_OBJECT`, da sie ihre eigenen Signale und Slots bereitstellt.

`CloseEvent()` ist eine virtuelle Funktion in `QWidget`, die automatisch aufgerufen wird, wenn der Benutzer das Fenster schließt. Sie wird erneut in `MainWindow` implementiert, sodass wir dem Benutzer die Standardfrage stellen können, ob er seine Änderungen und die Benutzereinstellungen auf dem Datenträger speichern möchte.

```
private slots:
    void newFile();
    void open();
    bool save();
    bool saveAs();
    void find();
    void goToCell();
    void sort();
    void about();
```

Einige Menüoptionen wie FILE|NEW und HELP|ABOUT werden als private Slots in `MainWindow` implementiert. Der Typ des Rückgabewerts der meisten Slots ist `void`, `save()` und `saveAs()` geben jedoch einen `bool`-Wert zurück. Der Rückgabewert wird ignoriert, wenn ein Slot als Reaktion auf ein Signal ausgeführt wird. Wenn wir jedoch einen Slot als Funktion aufrufen, steht uns der Rückgabewert nur so zur Verfügung, wie es der Fall wäre, wenn wir eine normale C++-Funktion aufgerufen hätten.

```
    void openRecentFile();
    void updateStatusBar();
    void spreadsheetModified();

private:
    void createActions();
    void createMenus();
    void createContextMenu();
    void createToolBars();
    void createStatusBar();
    void readSettings();
    void writeSettings();
    bool okToContinue();
    bool loadFile(const QString &fileName);
    bool saveFile(const QString &fileName);
    void setCurrentFile(const QString &fileName);
    void updateRecentFileActions();
    QString strippedName(const QString &fullFileName);
```

Das Hauptfenster benötigt weitere private Slots und mehrere private Funktionen zur Unterstützung der Benutzerschnittstelle.

```
    Spreadsheet *spreadsheet;
    FindDialog *findDialog;
    QLabel *locationLabel;
    QLabel *formulaLabel;
    QStringList recentFiles;
```

```
    QString curFile;

    enum { MaxRecentFiles = 5 };
    QAction *recentFileActions[MaxRecentFiles];
    QAction *separatorAction;

    QMenu *fileMenu;
    QMenu *editMenu;
    ...
    QToolBar *fileToolBar;
    QToolBar *editToolBar;
    QAction *newAction;
    QAction *openAction;
    ...
    QAction *aboutQtAction;
};

#endif
```

Neben den privaten Slots und Funktionen verfügt `MainWindow` über viele private Variablen. All diese werden wir erläutern, wenn sie zum Einsatz kommen.

Nun überprüfen wir die Implementierung:

```
#include <QtGui>

#include "finddialog.h"
#include "gotocelldialog.h"
#include "mainwindow.h"
#include "sortdialog.h"
#include "spreadsheet.h"
```

Wir fügen die Headerdatei `<QtGui>` ein, die die Definition aller in unserer Subklasse verwendeten Qt-Klassen enthält. Darüber hinaus fügen wir einige gebräuchliche Headerdateien hinzu, insbesondere *finddialog.h*, *gotocelldialog.h* und *sortdialog.h* aus Kapitel 2.

```
MainWindow::MainWindow()
{
    spreadsheet = new Spreadsheet;
    setCentralWidget(spreadsheet);

    createActions();
    createMenus();
    createContextMenu();
    createToolBars();
    createStatusBar();

    readSettings();
```

```
    findDialog = 0;

    setWindowIcon(QIcon(":/images/icon.png"));
    setCurrentFile("");
}
```

Im Konstruktor beginnen wir damit, das Widget `Spreadsheet` zu erstellen und als zentrales Widget des Hauptfensters festzulegen. Das zentrale Widget nimmt die Mitte des Hauptfensters ein (siehe Abbildung 3.2). `Spreadsheet` ist eine Subklasse von `QTableWidget` mit einigen Funktionen für die Tabellenkalkulation, z.B. der Unterstützung von Formeln. Wir werden sie in Kapitel 4 implementieren.

Wir rufen die privaten Funktionen `createActions()`, `createMenus()`, `createContextMenu()`, `createToolBars()` und `createStatusBar()` auf, um den Rest des Hauptfensters einzurichten. Außerdem rufen wir die private Funktion `readSettings()` auf, um die gespeicherten Einstellungen der Anwendung zu lesen.

Wir initialisieren den Zeiger auf `findDialog` als Null-Zeiger; beim ersten Aufruf von `MainWindow::find()` erstellen wir das Objekt `FindDialog`.

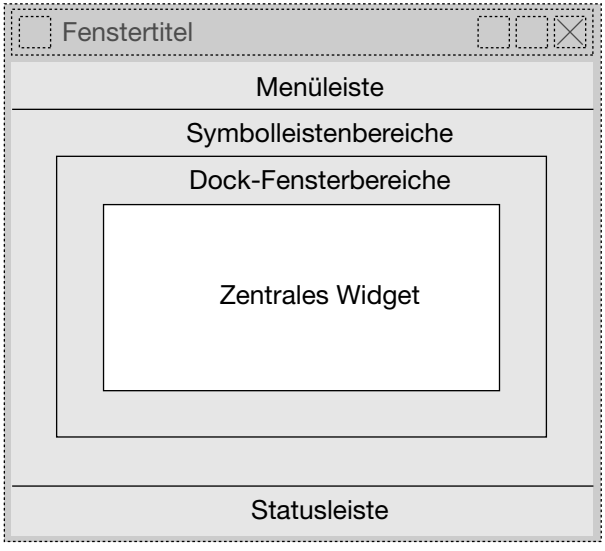


Abbildung 3.2: Die Bereiche von `QMainWindow`

Am Ende des Konstruktors setzen wir den Wert des Fenstersymbols auf *icon.png*. Qt unterstützt viele Bildformate, dazu gehören BMP, GIF[1], JPEG, PNG, PNM, XBM und XPM. Der Aufruf von `QWidget::setWindowIcon()` legt das Symbol fest, das in der oberen linken Ecke des Fensters angezeigt wird. Leider gibt es keine plattformunabhängige Möglichkeit, das Anwendungssymbol festzulegen, das auf dem Desktop erscheint. Plattformspezifische Verfahren werden unter *http://doc.trolltech.com/4.1/appicon.html* erläutert.

GUI-Anwendungen verwenden im Allgemeinen viele Bilder. Es gibt mehrere Methoden, der Anwendung Bilder bereitzustellen. Folgende sind am gebräuchlichsten:

- Die Bilder werden in Dateien gespeichert und zur Laufzeit geladen.
- XPM-Dateien werden in den Quellcode eingefügt. (Das funktioniert, weil es sich bei XPM-Dateien auch um gültige C++-Dateien handelt.)
- Der Ressourcenmechanismus von Qt wird genutzt.

Hier verwenden wir den Ressourcenmechanismus von Qt, da er bequemer ist als das Laden der Dateien zur Laufzeit und bei allen unterstützten Bilddateiformaten funktioniert. Wir haben uns entschieden, die Bilder innerhalb der Quellstruktur in einem Unterverzeichnis mit dem Namen *images* zu speichern.

Um das Ressourcensystem von Qt verwenden zu können, müssen wir eine Ressourcendatei erstellen und in die PRO-Datei eine Zeile einfügen, die die Ressourcendatei kennzeichnet. In diesem Beispiel haben wir die Ressourcendatei *spreadsheet.qrc* genannt, sodass wir die folgende Zeile in die PRO-Datei einfügen:

```
RESOURCES     = spreadsheet.qrc
```

Die Ressourcendatei selbst verwendet ein einfaches XML-Format. Im Folgenden sehen Sie einen Auszug aus der von uns eingesetzten Datei:

```
<!DOCTYPE RCC><RCC version="1.0">
<qresource>
    <file>images/icon.png</file>
    ...
    <file>images/gotocell.png</file>
</qresource>
</RCC>
```

Die Ressourcendateien werden in die ausführbare Datei der Anwendung kompiliert, sodass sie nicht verloren gehen können. Wenn wir auf Ressourcen verweisen, verwen-

1 Die GIF-Unterstützung ist in Qt deaktiviert, da der von GIF-Dateien verwendete Dekomprimierungsalgorithmus in einigen Ländern, in denen Softwarepatente anerkannt werden, patentiert wurde. Wir glauben, dass dieses Patent nun weltweit abgelaufen ist. Um die GIF-Unterstützung in Qt zu aktivieren, übergeben Sie die Befehlszeilenoption `-qt -gif` an das Konfigurationsskript oder legen die entsprechende Option im Installationsprogramm von Qt fest.

den wir das Pfadpräfix `:/` (Doppelpunkt gefolgt von einem Schrägstrich). Aus diesem Grund wird das Symbol in Form von `:/images/icon.png` angegeben. Bei Ressourcen kann es sich um alle Arten von Dateien (nicht nur um Bilder) handeln, und wir können sie an den meisten Stellen einsetzen, an denen Qt einen Dateinamen erwartet. Sie werden in Kapitel 12 ausführlicher erörtert.

3.2 Menüs und Symbolleisten erstellen

Die meisten modernen GUI-Anwendungen stellen Menüs, Kontextmenüs und Symbolleisten bereit. Die Menüs ermöglichen den Benutzern, die Anwendung kennen zu lernen und herauszufinden, wie neue Aufgaben ausgeführt werden, während die Kontextmenüs und Symbolleisten einen schnellen Zugriff auf häufig benutzte Funktionen bieten.

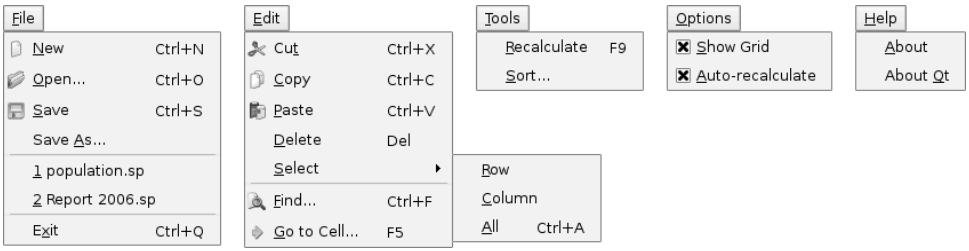


Abbildung 3.3: Die Menüs der Anwendung Spreadsheet

Durch sein Aktionskonzept vereinfacht Qt die Programmierung von Menüs und Symbolleisten. Bei einer *Aktion* handelt es sich um ein Element, das einer beliebigen Anzahl von Menüs und Symbolleisten hinzugefügt werden kann. Das Erstellen von Menüs und Symbolleisten umfasst in Qt die folgenden Schritte:

- Erstellen und Einrichten der Aktionen
- Erstellen und Auffüllen von Menüs mit den Aktionen
- Erstellen und Auffüllen von Symbolleisten mit den Aktionen

In der Tabellenkalkulationsanwendung werden die Aktionen in `createActions()` erstellt:

```
void MainWindow::createActions()
{
    newAction = new QAction(tr("&New"), this);
    newAction->setIcon(QIcon(":/images/new.png"));
    newAction->setShortcut(tr("Ctrl+N"));
    newAction->setStatusTip(tr("Create a new spreadsheet file"));
    connect(newAction, SIGNAL(triggered()), this, SLOT(newFile()));
```

Die Aktion `New` verfügt über einen Menüeintrag mit Zugriffstaste (NEW), ein übergeordnetes Element (das Hauptfenster), ein Symbol (*new.png*), eine Tastenkombination (Strg + N) und einen Statusleistentipp. Wir verbinden das Signal `triggered()` der Aktion mit dem privaten Slot `newFile()` des Hauptfensters, den wir im nächsten Abschnitt implementieren werden. Diese Verbindung gewährleistet, dass der Slot `newFile()` aufgerufen wird, wenn der Benutzer den Menüeintrag FILE | NEW auswählt, auf die Schaltfläche NEW in der Symbolleiste klickt oder die Tastenkombination Strg + N drückt.

Die Aktionen OPEN, SAVE und SAVE AS sind der Aktion NEW sehr ähnlich, sodass wir gleich zu dem Abschnitt mit den zuletzt geöffneten Dateien im Menü FILE übergehen:

```
...
for (int i = 0; i < MaxRecentFiles; ++i) {
    recentFileActions[i] = new QAction(this);
    recentFileActions[i]->setVisible(false);
    connect(recentFileActions[i], SIGNAL(triggered()),
            this, SLOT(openRecentFile()));
}
```

Wir füllen das Array `recentFileActions` mit Aktionen. Jede Aktion wird verborgen und mit dem Slot `openRecentFile()` verbunden. Später werden wir sehen, wie die letzten Dateiaktionen sichtbar gemacht und verwendet werden.

Nun können wir zur Aktion SELECT ALL übergehen:

```
...
selectAllAction = new QAction(tr("&All"), this);
selectAllAction->setShortcut(tr("Ctrl+A"));
selectAllAction->setStatusTip(tr("Select all the cells in the "
                                 "spreadsheet"));
connect(selectAllAction, SIGNAL(triggered()),
        spreadsheet, SLOT(selectAll()));
```

Der Slot `selectAll` wird von einem der Vorfahren von `QTableWidget` bereitgestellt, und zwar von `QAbstractItemView`, sodass wir ihn nicht selbst zu implementieren brauchen.

Gehen wir nun zur Aktion SHOW GRID im Menü OPTIONS weiter:

```
...
showGridAction = new QAction(tr("&Show Grid"), this);
showGridAction->setCheckable(true);
showGridAction->setChecked(spreadsheet->showGrid());
showGridAction->setStatusTip(tr("Show or hide the spreadsheet's "
                                "grid"));
connect(showGridAction, SIGNAL(toggled(bool)),
        spreadsheet, SLOT(setShowGrid(bool)));
```

Bei SHOW GRID handelt es sich um eine aktivierbare Aktion. Sie wird im Menü mit einem Häkchen versehen und in der Symbolleiste als Umschalter dargestellt. Wenn die Aktion aktiviert wird, zeigt die `Spreadsheet`-Komponente ein Raster an. Wir initialisieren die Aktion mit der Standardeinstellung für die `Spreadsheet`-Komponente, sodass sie beim Start synchronisiert werden. Dann verbinden wir das Signal `toggled(bool)` der Aktion SHOW GRID mit dem Slot `setShowGrid(bool)` der `Spreadsheet`-Komponente, der von `QTableWidget` erbt. Nachdem diese Aktion einem Menü oder einer Symbolleiste hinzugefügt wurde, kann der Benutzer das Raster ein- und ausschalten.

Die Aktionen SHOW GRID und AUTO-RECALCULATE sind unabhängig voneinander aktivierbare Aktionen. Durch die Klasse `QActionGroup` unterstützt Qt auch sich gegenseitig ausschließende Aktionen.

```
...
aboutQtAction = new QAction(tr("About &Qt"), this);
aboutQtAction->setStatusTip(tr("Show the Qt library's About box"));
    connect(aboutQtAction, SIGNAL(triggered()), qApp, SLOT(aboutQt()));
}
```

Für die Aktion ABOUT QT verwenden wir den Slot `aboutQt()` des Objekts `QApplication`, der über die globale Variable `qApp` zugänglich ist.

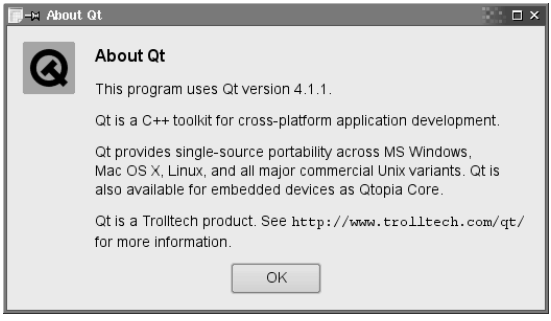


Abbildung 3.4: Über Qt

Nachdem wir die Aktionen erstellt haben, können wir zum Aufbau eines Menüsystems übergehen, das diese Aktionen enthält:

```
void MainWindow::createMenus()
{
    fileMenu = menuBar()->addMenu(tr("&File"));
    fileMenu->addAction(newAction);
    fileMenu->addAction(openAction);
    fileMenu->addAction(saveAction);
    fileMenu->addAction(saveAsAction);
    separatorAction = fileMenu->addSeparator();
```

```
    for (int i = 0; i < MaxRecentFiles; ++i)
        fileMenu->addAction(recentFileActions[i]);
    fileMenu->addSeparator();
    fileMenu->addAction(exitAction);
```

In Qt handelt es sich bei Menüs um Instanzen von `QMenu`. Die Funktion `addMenu()` erstellt ein `QMenu`-Widget mit festgelegtem Text und fügt es in die Menüleiste ein. Die Funktion `QMainWindow::menuBar()` gibt einen Zeiger auf `QMenuBar` zurück. Die Menüleiste wird beim ersten Aufruf von `menuBar()` erstellt.

Wir beginnen mit der Erstellung des Menüs FILE und fügen diesem die Aktionen NEW, OPEN, SAVE und SAVE AS hinzu. Um eng miteinander verbundene Elemente visuell zu gruppieren, fügen wir ein Trennzeichen ein. Wir verwenden eine `for`-Schleife, um die (anfangs verborgenen) Aktionen aus dem Array `recentFileActions` einzubauen, und fügen am Ende die Aktion `exitAction` hinzu.

Wir haben einen Zeiger auf eines der Trennzeichen beibehalten. Dieser erlaubt es uns, das Trennzeichen zu verbergen (wenn es keine zuletzt verwendeten Dateien gibt) oder einzublenden, da wir nicht zwei Trennzeichen anzeigen wollen, zwischen denen sich keine Einträge befinden.

```
    editMenu = menuBar()->addMenu(tr("&Edit"));
    editMenu->addAction(cutAction);
    editMenu->addAction(copyAction);
    editMenu->addAction(pasteAction);
    editMenu->addAction(deleteAction);

    selectSubMenu = editMenu->addMenu(tr("&Select"));
    selectSubMenu->addAction(selectRowAction);
    selectSubMenu->addAction(selectColumnAction);
    selectSubMenu->addAction(selectAllAction);

    editMenu->addSeparator();
    editMenu->addAction(findAction);
    editMenu->addAction(goToCellAction);
```

Nun erstellen wir das Menü EDIT, indem wir mit `QMenu::addAction()` Aktionen hinzufügen, wie wir es bereits beim Menü FILE getan haben, und mit `QMenu::addMenu()` das Untermenü an der Stelle einfügen, an der es erscheinen soll. Wie bei dem Menü, zu dem es gehört, handelt es sich auch bei dem Untermenü um ein Element der Klasse `QMenu`.

```
    toolsMenu = menuBar()->addMenu(tr("&Tools"));
    toolsMenu->addAction(recalculateAction);
    toolsMenu->addAction(sortAction);

    optionsMenu = menuBar()->addMenu(tr("&Options"));
    optionsMenu->addAction(showGridAction);
```

```
    optionsMenu->addAction(autoRecalcAction);

    menuBar()->addSeparator();

    helpMenu = menuBar()->addMenu(tr("&Help"));
    helpMenu->addAction(aboutAction);
    helpMenu->addAction(aboutQtAction);
}
```

In ähnlicher Weise erstellen wir die Menüs TOOLS, OPTIONS und HELP. Zwischen den Menüs OPTIONS und HELP fügen wir ein Trennzeichen ein. Im Motif- und im CDE-Stil schiebt das Trennzeichen das Menü HELP nach rechts, in anderen Stilen wird es ignoriert.

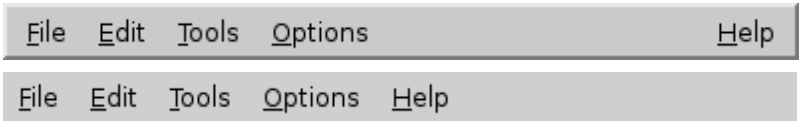


Abbildung 3.5: Die Menüleiste im Motif- und im Windows-Stil

```
void MainWindow::createContextMenu()
{
    spreadsheet->addAction(cutAction);
    spreadsheet->addAction(copyAction);
    spreadsheet->addAction(pasteAction);
    spreadsheet->setContextMenuPolicy(Qt::ActionsContextMenu);
}
```

Jedes Qt-Widget kann über eine Liste der mit ihm verbundenen `QAction`-Elemente verfügen. Um ein Kontextmenü für die Anwendung bereitzustellen, fügen wir dem `Spreadsheet`-Widget die gewünschten Aktionen hinzu und legen die Kontextmenürichtlinie des Widgets so fest, dass ein Kontextmenü mit diesen Aktionen angezeigt wird. Kontextmenüs werden durch Anklicken eines Widgets mit der rechten Maustaste oder durch Drücken einer plattformspezifischen Taste aufgerufen.

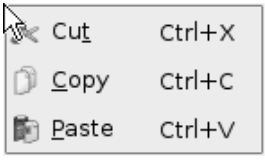


Abbildung 3.6: Das Kontextmenü der Anwendung Spreadsheet

Eine kompliziertere Möglichkeit, Kontextmenüs bereitzustellen, besteht darin, die Funktion `QWidget::contextMenuEvent()` neu zu implementieren, ein `QMenu`-Widget zu erstellen, es mit den gewünschten Aktionen zu füllen und die Funktion `exec()` dafür aufzurufen.

```
void MainWindow::createToolBars()
{
    fileToolBar = addToolBar(tr("&File"));
    fileToolBar->addAction(newAction);
    fileToolBar->addAction(openAction);
    fileToolBar->addAction(saveAction);

    editToolBar = addToolBar(tr("&Edit"));
    editToolBar->addAction(cutAction);
    editToolBar->addAction(copyAction);
    editToolBar->addAction(pasteAction);
    editToolBar->addSeparator();
    editToolBar->addAction(findAction);
    editToolBar->addAction(goToCellAction);
}
```

Das Erstellen von Symbolleisten weist große Ähnlichkeiten mit der Erstellung von Menüs auf. Wir legen eine FILE- und eine EDIT-Symbolleiste an. Wie ein Menü kann auch eine Symbolleiste über Trennzeichen verfügen.

Abbildung 3.7: Die Symbolleisten der Anwendung Spreadsheet

3.3 Die Statusleiste einrichten

Nachdem die Menüs und Symbolleisten fertig gestellt wurden, sind wir nun bereit, die Statusleiste der Tabellenkalkulationsanwendung in Angriff zu nehmen.

Im Normalzustand enthält die Statusleiste zwei Indikatoren: die Position und die Formel der aktuellen Zelle. Die Statusleiste wird auch zur Anzeige von Statusleistentipps und anderen vorübergehenden Meldungen verwendet.

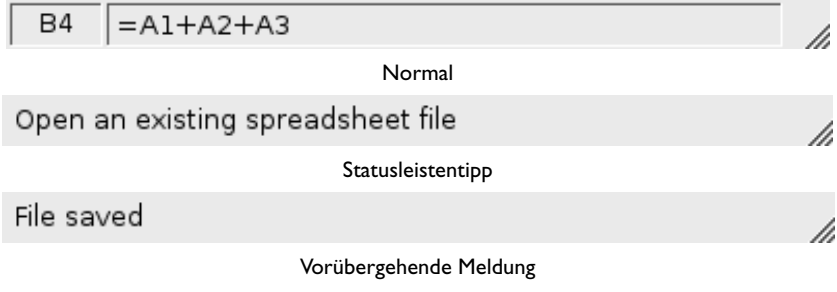


Abbildung 3.8: Die Statusleiste der Anwendung Spreadsheet

Der Konstruktor von `MainWindow` ruft `createStatusBar()` auf, um die Statusleiste einzurichten:

```
void MainWindow::createStatusBar()
{
    locationLabel = new QLabel(" W999 ");
    locationLabel->setAlignment(Qt::AlignHCenter);
    locationLabel->setMinimumSize(locationLabel->sizeHint());

    formulaLabel = new QLabel;
    formulaLabel->setIndent(3);

    statusBar()->addWidget(locationLabel);
    statusBar()->addWidget(formulaLabel, 1);

    connect(spreadsheet, SIGNAL(currentCellChanged(int, int, int, int)),
            this, SLOT(updateStatusBar()));
    connect(spreadsheet, SIGNAL(modified()),
            this, SLOT(spreadsheetModified()));

    updateStatusBar();
}
```

Die Funktion `QMainWindow::statusBar()` gibt einen Zeiger auf die Statusleiste zurück. (Die Statusleiste wird beim ersten Aufruf von `statusBar()` erstellt.) Die Statusindikatoren sind einfache `QLabel`-Elemente, deren Text wir nach Bedarf ändern. In `formulaLabel` haben wir einen Einzug eingefügt, sodass der darin angezeigte Text etwas vom linken Rand versetzt dargestellt wird. Beim Hinzufügen der `QLabel`-Elemente zur Statusleiste wird der Verwandtschaftsgrad neu festgelegt, sodass sie zu untergeordneten Elementen der Statusleiste werden.

Abbildung 3.8zeigt, dass die beiden Label unterschiedliche Platzanforderungen haben. Der Zellenpositionsindikator braucht sehr wenig Platz, und wenn die Größe des Fensters neu festgelegt wird, sollte jeglicher zusätzliche Raum dem Zellenformelindikator auf der rechten Seite zugewiesen werden. Dies wird durch die Angabe des Dehnungsfaktors `1` im Aufruf der Funktion `QStatusBar::addWidget()` beim Einfügen von `formulaLabel` erreicht. Der Standarddehnungsfaktor des Positionsindikators ist `0`, d.h., er sollte nicht gedehnt werden.

Wenn die Klasse `QStatusBar` Indikator-Widgets anordnet, versucht sie, jeweils die von `QWidget::sizeHint()` vorgegebene Idealgröße zu beachten, und dehnt dann alle dehnbaren Widgets, um den verfügbaren Platz auszufüllen. Die Idealgröße eines Widgets selbst hängt von seinem Inhalt ab und variiert, wenn wir diesen ändern. Um eine ständige Größenanpassung des Positionsindikators zu vermeiden, legen wir seine Mindestgröße so fest, dass er breit genug ist, um den längstmöglichen Text (»W999«)

aufzunehmen, und fügen noch etwas zusätzlichen Platz hinzu. Außerdem setzen wir die Ausrichtung auf `Qt::AlignHCenter`, damit der Text horizontal zentriert wird.

Kurz vor dem Ende der Funktion verbinden wir zwei Signale von `Spreadsheet` mit den beiden `MainWindow`-Slots `updateStatusBar()` und `spreadsheetModified()`.

```
void MainWindow::updateStatusBar()
{
    locationLabel->setText(spreadsheet->currentLocation());
    formulaLabel->setText(spreadsheet->currentFormula());
}
```

Der Slot `updateStatusBar()` aktualisiert den Zellenpositions- und den Zellenformelindikator. Er wird jedes Mal aufgerufen, wenn der Benutzer den Zellencursor in eine neue Zelle bewegt. Der Slot wird am Ende von `createStatusBar()` auch als normale Funktion verwendet, um die Indikatoren zu initialisieren. Das ist notwendig, da die `Spreadsheet`-Anwendung beim Start kein `currentCellChanged()`-Signal ausgibt.

```
void MainWindow::spreadsheetModified()
{
    setWindowModified(true);
    updateStatusBar();
}
```

Der Slot `spreadsheetModified()` setzt den Wert der Eigenschaft `windowModified` auf `true` und aktualisiert damit die Titelleiste. Außerdem aktualisiert die Funktion die Positions- und Formelindikatoren, sodass sie den aktuellen Stand der Dinge widerspiegeln.

3.4 Das Datei-Menü implementieren

In diesem Abschnitt implementieren wir die Slots und die privaten Funktionen, die für die Funktionsweise der Optionen des Menüs FILE und für die Verwaltung der Liste der zuletzt geöffneten Dateien erforderlich sind.

```
void MainWindow::newFile()
{
    if (okToContinue()) {
        spreadsheet->clear();
        setCurrentFile("");
    }
}
```

Der Slot `newFile()` wird aufgerufen, wenn der Benutzer auf die Menüoption FILE | NEW oder die Schaltfläche NEW in der Symbolleiste klickt. Die private Funktion `okToContinue()` fragt den Benutzer, ob er seine Änderungen speichern möchte (»DO YOU WANT TO SAVE YOUR CHANGES?«), wenn ungespeicherte Änderungen vorliegen. Sie gibt den Wert `true` zurück, wenn der Benutzer entweder YES oder NO ausgewählt hat (wobei

das Dokument bei YES gespeichert wird), und `false`, wenn der Benutzer CANCEL gewählt hat. Die Funktion `Spreadsheet::clear()` löscht alle Zellen und Formeln der Tabellenkalkulation. Zusätzlich zur Festlegung der privaten Variablen `curFile` und zur Aktualisierung der Liste der zuletzt geöffneten Dateien aktualisiert die private Funktion `setCurrentFile()`den Titel des Fensters mit der Angabe, dass ein unbenanntes Dokument bearbeitet wird.

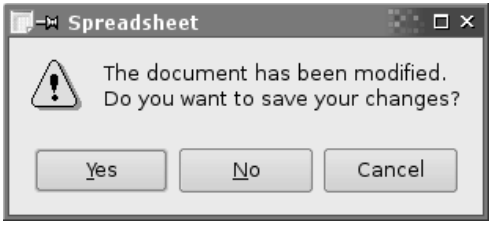


Abbildung 3.9: Abfrage zum Speichern bei geänderten Daten

```
bool MainWindow::okToContinue()
{
    if (isWindowModified()) {
        int r = QMessageBox::warning(this, tr("Spreadsheet"),
                        tr("The document has been modified.\n"
                           "Do you want to save your changes?"),
                        QMessageBox::Yes | QMessageBox::Default,
                        QMessageBox::No,
                        QMessageBox::Cancel | QMessageBox::Escape);
        if (r == QMessageBox::Yes) {
            return save();
        } else if (r == QMessageBox::Cancel) {
            return false;
        }
    }
    return true;
}
```

In `okToContinue()` überprüfen wir den Status der Eigenschaft `windowModified`. Lautet der Wert `true`, bringen wir das in Abbildung 3.9 dargestellte Nachrichtenfeld zur Anzeige. Dieses Feld enthält die Schaltflächen YES, NO und CANCEL. Der Modifikator `QMessageBox::Default` bestimmt YES als Standardschaltfläche, während der Modifikator `QMessageBox::Escape` die Esc-Taste als Synonym für CANCEL festlegt.

Der Aufruf von `warning()` mag auf den ersten Blick etwas Furcht erregend aussehen, aber die allgemeine Syntax ist einfach:

```
QMessageBox::warning(übergeordnetes_Element, Titel, Meldung, Schaltfläche0,
Schaltfläche1, ...);
```

`QMessageBox` stellt auch die Funktionen `information()`, `question()` und `critical()` bereit, die jeweils über ihr eigenes besonderes Symbol verfügen.

Abbildung 3.10: Symbole für das Nachrichtenfeld

```
void MainWindow::open()
{
    if (okToContinue()) {
        QString fileName = QFileDialog::getOpenFileName(this,
                                   tr("Open Spreadsheet"), ".",
                                   tr("Spreadsheet files (*.sp)"));
        if (!fileName.isEmpty())
            loadFile(fileName);
    }
}
```

Der Slot `open()` entspricht FILE|OPEN. Wie `newFile()` ruft er zuerst `okToContinue()` auf, um eventuelle ungespeicherte Änderungen zu verarbeiten. Dann verwendet er die statische Komfortfunktion `QFileDialog::getOpenFileName()`, um vom Benutzer einen neuen Dateinamen anzufordern. Die Funktion öffnet ein Dateidialogfeld, lässt den Benutzer eine Datei auswählen und gibt den Dateinamen zurück – oder einen leeren String, falls der Benutzer auf CANCEL geklickt hat.

Das erste Argument von `QFileDialog::getOpenFileName()` ist das übergeordnete Widget. Die Verwandtschaftsbeziehung hat bei Dialogfeldern nicht dieselbe Bedeutung wie bei anderen Widgets. Ein Dialogfeld ist stets ein eigenständiges Fenster, wenn es jedoch über ein übergeordnetes Element verfügt, wird es standardmäßig über diesem Element zentriert. Ein untergeordnetes Dialogfeld nutzt auch den Taskleisteneintrag gemeinsam mit seinem übergeordneten Element.

Das zweite Argument ist der Titel, den das Dialogfeld verwenden soll, das dritte gibt an, in welchem Verzeichnis es beginnen soll. In unserem Fall handelt es sich um das aktuelle Verzeichnis.

Das vierte Argument legt die Dateifilter fest. Ein Dateifilter besteht aus einem Beschreibungstext und einem Platzhaltermuster. Hätten wir Dateien mit komma-separierten Werten und Lotus 1-2-3-Dateien zusätzlich zu dem eigenen Dateiformat der Tabellenkalkulation zugelassen, so hätten wir den folgenden Filter verwendet:

```
tr("Spreadsheet files (*.sp)\n"
   "Comma-separated values files (*.csv)\n"
   "Lotus 1-2-3 files (*.wk1 *.wks)")
```

Die private Funktion `loadFile()` wurde in `open()` aufgerufen, um die Datei zu laden. Wir machen daraus eine unabhängige Funktion, da wir dieselbe Funktionalität brauchen, um die zuletzt geöffneten Dateien zu laden:

```
bool MainWindow::loadFile(const QString &fileName)
{
    if (!spreadsheet->readFile(fileName)) {
        statusBar()->showMessage(tr("Loading canceled"), 2000);
        return false;
    }

    setCurrentFile(fileName);
    statusBar()->showMessage(tr("File loaded"), 2000);
    return true;
}
```

Wir verwenden `Spreadsheet::readFile()`, um die Datei vom Datenträger zu lesen. Ist der Ladevorgang erfolgreich, rufen wir `setCurrentFile()` auf, um den Titel des Fensters zu aktualisieren; andernfalls hat `Spreadsheet::readFile()` den Benutzer mit einem Meldungsfeld bereits über das Problem informiert. Im Allgemeinen ist es sinnvoll, Fehlermeldungen von Komponenten der unteren Ebene ausgeben zu lassen, da sie die genauen Fehlerdetails angeben können.

In beiden Fällen zeigen wir zwei Sekunden (2.000 Millisekunden) lang eine Meldung in der Statusleiste an, um den Benutzer über die Arbeit der Anwendung auf dem Laufenden zu halten.

```
bool MainWindow::save()
{
    if (curFile.isEmpty()) {
        return saveAs();
    } else {
        return saveFile(curFile);
    }
}

bool MainWindow::saveFile(const QString &fileName)
{
    if (!spreadsheet->writeFile(fileName)) {
        statusBar()->showMessage(tr("Saving canceled"), 2000);
        return false;
    }

    setCurrentFile(fileName);
    statusBar()->showMessage(tr("File saved"), 2000);
    return true;
}
```

Der Slot `save()` entspricht FILE|SAVE. Wenn die Datei bereits einen Namen hat, da sie zuvor schon einmal geöffnet oder gespeichert wurde, wird `saveFile()` von `save()` mit diesem Namen aufgerufen; andernfalls wird einfach `saveAs()` aufgerufen.

```
bool MainWindow::saveAs()
{
    QString fileName = QFileDialog::getSaveFileName(this,
                                tr("Save Spreadsheet"), ".",
                                tr("Spreadsheet files (*.sp)"));
    if (fileName.isEmpty())
        return false;

    return saveFile(fileName);
}
```

Der Slot `saveAs()` entspricht FILE|SAVE AS. Wir rufen `QFileDialog::getSaveFileName()` auf, um den Dateinamen vom Benutzer anzufordern. Wenn der Benutzer auf CANCEL klickt, geben wir den Wert `false` zurück, der bis zum Aufrufenden (`save()` oder `okToContinue()`) weitergegeben wird.

Existiert die Datei bereits, bittet die Funktion `getSaveFileName()` den Benutzer zu bestätigen, dass sie überschrieben werden soll. Dieses Verhalten kann geändert werden, indem Sie `QFileDialog::DontConfirmOverwrite` als zusätzliches Argument an `getSaveFileName()` übergeben.

```
void MainWindow::closeEvent(QCloseEvent *event)
{
    if (okToContinue()) {
        writeSettings();
        event->accept();
    } else {
        event->ignore();
    }
}
```

Wenn der Benutzer auf FILE|EXIT oder auf die Schaltfläche zum Schließen in der Titelleiste des Fensters klickt, wird der Slot `QWidget::close()` aufgerufen. Dieser sendet ein `close`-Ereignis an das Widget. Durch eine Neuimplementierung von `QWidget::closeEvent()` können wir Versuche, das Hauptfenster zu schließen, unterbrechen und entscheiden, ob das Fenster tatsächlich geschlossen werden soll oder nicht.

Wenn nicht gespeicherte Änderungen vorhanden sind und der Benutzer CANCEL wählt, »ignorieren« wir das Ereignis und lassen das Fenster davon unberührt. Im Normalfall nehmen wir das Ereignis an, was in Qt zum Verbergen des Fensters führt. Außerdem rufen wir die private Funktion `writeSettings()` auf, um die aktuellen Einstellungen der Anwendung zu speichern.

Wenn das letzte Fenster geschlossen wird, wird die Anwendung beendet. Gegebenenfalls können wir dieses Verhalten deaktivieren, indem wir die Eigenschaft `quitOnLastWindowClosed` von `QApplication` auf den Wert `false` setzen, sodass die Anwendung weiterhin ausgeführt wird, bis wir `QAppication::quit()` aufrufen.

```
void MainWindow::setCurrentFile(const QString &fileName)
{
    curFile = fileName;
    setWindowModified(false);

    QString shownName = "Untitled";
    if (!curFile.isEmpty()) {
        shownName = strippedName(curFile);
        recentFiles.removeAll(curFile);
        recentFiles.prepend(curFile);
        updateRecentFileActions();
    }

    setWindowTitle(tr("%1[*] - %2").arg(shownName)
                                   .arg(tr("Spreadsheet")));
}

QString MainWindow::strippedName(const QString &fullFileName)
{
    return QFileInfo(fullFileName).fileName();
}
```

In `setCurrentFile()` legen wir die private Variable `curFile` fest, die den Namen der bearbeiteten Datei speichert. Bevor wir den Dateinamen in der Titelleiste anzeigen, entfernen wir um der Benutzerfreundlichkeit willen den Dateipfad mithilfe von `strippedName()`.

Jedes `QWidget`-Element verfügt über die Eigenschaft `windowModified`, deren Wert auf `true` gesetzt werden sollte, wenn das Dokument des Fensters nicht gespeicherte Änderungen aufweist; andernfalls sollte der Wert `false` lauten. Unter Mac OS X werden nicht gespeicherte Dokumente durch einen Punkt in der SCHLIEßEN-Schaltfläche der Titelleiste des Fensters gekennzeichnet, auf anderen Plattformen geschieht dies durch ein Sternchen hinter dem Dateinamen. Qt achtet automatisch auf dieses Verhalten, solange wir die Eigenschaft `windowModified` auf dem aktuellen Stand halten und die Markierung `[*]` an der Stelle im Titel des Fensters platzieren, an der bei Bedarf das Sternchen erscheinen soll.

Der Text, den wir an die Funktion `setWindowTitle()` übergeben haben, lautet wie folgt:

```
(tr("%1[*] - %2").arg(shownName)
                 .arg(tr("Spreadsheet")));
```

Die Funktion `QString::arg()` ersetzt den Parameter `%n` mit der niedrigsten Zahl durch ihr Argument und gibt den sich daraus ergebenden String zurück. In diesem Fall wird `arg()` mit zwei `%n`-Parametern verwendet. Der erste Aufruf von `arg()` ersetzt `%1` und der zweite `%2`. Wenn der Dateiname *budget.sp* lautet und keine Übersetzungsdatei geladen wird, lautet der resultierende String `budget.sp[*] - Spreadsheet`. Es wäre einfacher gewesen, Folgendes zu schreiben:

```
setWindowTitle(shownName + tr("[*] - spreadsheet"));
```

Allerdings bietet `arg()` eine größere Flexibilität für Übersetzer.

Ist ein Dateiname vorhanden, aktualisieren wir `recentFiles`, d.h. die Liste der von der Anwendung zuletzt geöffneten Dateien. Wir rufen `removeAll()` auf, um alle Stellen, an denen der Dateiname vorkommt, aus der Liste zu entfernen und Duplikate zu verhindern; dann rufen wir `prepend()` auf, um den Dateinamen als erstes Element einzufügen. Nach der Aktualisierung der Liste rufen wir die private Funktion `updateRecentFileActions()` auf, um die Einträge im Menü FILE zu aktualisieren.

```
void MainWindow::updateRecentFileActions()
{
    QMutableStringListIterator i(recentFiles);
    while (i.hasNext()) {
        if (!QFile::exists(i.next()))
            i.remove();
    }

    for (int j = 0; j < MaxRecentFiles; ++j) {
        if (j < recentFiles.count()) {
            QString text = tr("&%1 %2")
                           .arg(j + 1)
                           .arg(strippedName(recentFiles[j]));
            recentFileActions[j]->setText(text);
            recentFileActions[j]->setData(recentFiles[j]);
            recentFileActions[j]->setVisible(true);
        } else {
            recentFileActions[j]->setVisible(false);
        }
    }
    separatorAction->setVisible(!recentFiles.isEmpty());
}
```

Wir beginnen damit, mithilfe eines Iterators im Java-Stil alle nicht mehr vorhandenen Dateien zu entfernen. Einige Dateien wurden vielleicht in einer früheren Sitzung verwendet, sind aber danach gelöscht worden. Der Typ der Variablen `recentFiles` ist `QStringList` (Liste von `QString`-Elementen). Kapitel 11 erläutert Containerklassen wie `QStringList` ausführlich, wobei gezeigt wird, wie sie zur Standard-Vorlagenbibliothek

von C++ in Beziehung stehen, und erklärt die Verwendung der Iteratorklassen von Qt im Java-Stil.

Dann gehen wir die Liste der Dateien erneut durch und verwenden diesmal eine array-artige Indizierung. Für jede Datei erstellen wir einen String, der aus einem kaufmännischen Und-Zeichen, einer Ziffer (j + 1), einem Leerzeichen und dem Dateinamen (ohne Pfadangabe) besteht. Wir legen fest, dass die entsprechende Aktion diesen Text verwenden soll. Wäre die erste Datei beispielsweise *C:\Eigene Dateien\tab04.sp*, würde der Text der ersten Aktion `&1 tab04.sp` lauten.

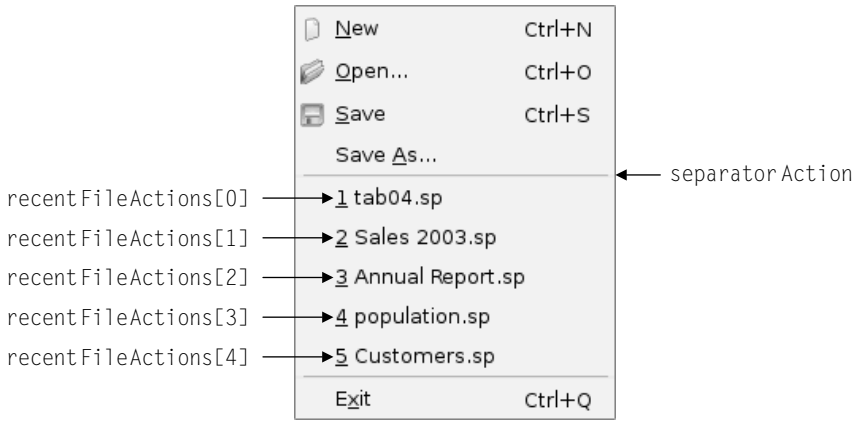


Abbildung 3.11: Das Menü FILE mit den zuletzt geöffneten Dateien

Jede Aktion kann mit einem Datenelement vom Typ `QVariant` verbunden sein. Dieser Typ kann Werte vieler C++- und Qt-Typen übernehmen. Er wird in Kapitel 11 behandelt. Hier speichern wir den vollständigen Namen der Datei im `data`-Element der Aktion, sodass wir ihn später leicht abrufen können. Außerdem legen wir fest, dass die Aktion sichtbar sein soll.

Sind mehr Dateiaktionen als zuletzt geöffnete Dateien vorhanden, verbergen wir diese zusätzlichen Aktionen einfach. Ist mindestens eine kürzlich geöffnete Datei vorhanden, legen wir abschließend fest, dass das Trennzeichen sichtbar sein soll.

```
void MainWindow::openRecentFile()
{
    if (okToContinue()) {
        QAction *action = qobject_cast<QAction *>(sender());
        if (action)
            loadFile(action->data().toString());
    }
}
```

Wenn der Benutzer eine kürzlich geöffnete Datei auswählt, wird der Slot `openRecentFile` aufgerufen. Die Funktion `okToContinue()` wird in dem Fall verwendet, dass nicht gespeicherte Änderungen vorliegen. Sofern der Benutzer sie nicht gelöscht hat, finden wir mithilfe von `QObject::sender()` heraus, welche Aktion den Slot aufgerufen hat.

Anhand der von `moc`, dem Metaobjekt-Compiler von Qt, generierten Metainformationen führt die Funktion `qobject_cast<T>()` eine dynamische Typumwandlung durch. Sie gibt einen Zeiger auf die angeforderte `QObject`-Subklasse oder `0` zurück, wenn das Objekt nicht in diesen Typ umgewandelt werden kann. Im Gegensatz zu `dynamic_cast<T>()` in Standard-C++ funktioniert `qobject_cast<T>()` von Qt über die Grenzen dynamischer Bibliotheken hinweg. In unserem Beispiel verwenden wir `qobject_cast<T>()`, um einen `QObject`-Zeiger in einen `QAction`-Zeiger umzuwandeln. Verläuft die Typumwandlung erfolgreich (was der Fall sein sollte), rufen wir `loadFile()` mit dem vollständigen Dateinamen auf, den wir aus den Aktionsdaten extrahieren.

Da wir wissen, dass der Absender `QAction` ist, würde das Programm übrigens auch dann noch funktionieren, wenn wir stattdessen `static_cast<T>()` oder eine traditionelle Typumwandlung im C-Stil verwendet hätten. Eine Übersicht über die verschiedenen C++-Typumwandlungen finden Sie im Abschnitt »Typumwandlungen« in Anhang B.

3.5 Dialogfelder verwenden

In diesem Abschnitt erläutern wir, wie Sie Dialogfelder in Qt verwenden – wie Sie sie erstellen und initialisieren, ausführen und auf die Auswahl reagieren, die von dem Benutzer getroffen wird, der mit den Dialogfeldern interagiert. Wir nutzen die Dialogfelder FIND, GO TO CELL und SORT, die wir in Kapitel 2 erstellt haben. Außerdem erstellen wir ein einfaches ABOUT-Feld.

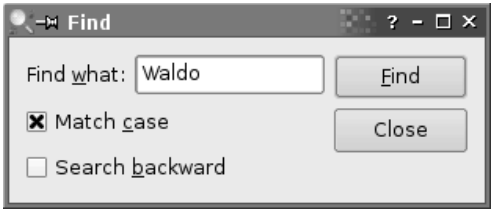


Abbildung 3.12: Das Dialogfeld FIND der Tabellenkalkulationsanwendung

Wir beginnen mit dem Dialogfeld FIND. Da wir den Benutzer in die Lage versetzen wollen, nach Belieben zwischen dem Hauptfenster von Spreadsheet und dem Dialogfeld FIND zu wechseln, darf das Dialogfeld nicht modal sein. *Nicht modal* ist ein Fenster, das unabhängig von allen anderen Anwendungsfenstern ausgeführt wird.

Beim Erstellen von nicht modalen Dialogfeldern werden deren Signale normalerweise mit Slots verbunden, die auf die Benutzerinteraktionen reagieren.

```
void MainWindow::find()
{
    if (!findDialog) {
        findDialog = new FindDialog(this);
        connect(findDialog, SIGNAL(findNext(const QString &,
                                            Qt::CaseSensitivity)),
                spreadsheet, SLOT(findNext(const QString &,
                                           Qt::CaseSensitivity)));
        connect(findDialog, SIGNAL(findPrevious(const QString &,
                                                Qt::CaseSensitivity)),
                spreadsheet, SLOT(findPrevious(const QString &,
                                               Qt::CaseSensitivity)));
    }

    findDialog->show();
    findDialog->activateWindow();}
```

Das Dialogfeld FIND ist ein Fenster, das dem Benutzer ermöglicht, die Tabellenkalkulation nach Text zu durchsuchen. Der Slot `find()` wird aufgerufen, wenn der Benutzer auf EDIT|FIND klickt, um das Dialogfeld FIND aufzurufen. An dieser Stelle sind mehrere Szenarien möglich:

- Der Benutzer hat das Dialogfeld zum ersten Mal aufgerufen.
- Das Dialogfeld FIND wurde bereits zuvor aufgerufen, aber der Benutzer hat es geschlossen.
- Das Dialogfeld FIND wurde bereits zuvor aufgerufen und ist immer noch sichtbar.

Wenn das Dialogfeld FIND noch nicht existiert, erstellen wir es und verbinden seine Signale `findNext()` und `findPrevious()` mit den entsprechenden `Spreadsheet`-Slots. Wir hätten das Dialogfeld auch im `MainWindow`-Konstruktor erstellen können, aber das Hinauszögern der Erstellung erlaubt einen schnelleren Start der Anwendung. Wird das Dialogfeld niemals verwendet, wird es auch nie erstellt, was sowohl Zeit als auch Speicher einspart.

Dann rufen wir `show()` und `activateWindow()` auf, um sicherzustellen, dass das Fenster sichtbar und aktiv ist. Ein Aufruf von `show()` allein reicht aus, um ein verborgenes Fenster anzuzeigen und zu aktivieren, aber das Dialogfeld FIND kann aufgerufen werden, wenn sein Fenster bereits sichtbar ist. In diesem Fall hat `show()` keine Auswirkun-

gen, und `activateWindow()` ist erforderlich, um das Fenster zu aktivieren. Alternativ hätten wir Folgendes schreiben können:

```
if (findDialog->isHidden()) {
    findDialog->show();
} else {
    findDialog->activateWindow();
}
```

Das ist aber in etwa so, als würde jemand in beide Richtungen schauen, bevor er eine Einbahnstraße überquert.

Nun sehen wir uns das Dialogfeld GO TO CELL an. Wir wollen, dass der Benutzer es öffnet, benutzt und schließt, ohne dabei in ein anderes Anwendungsfenster wechseln zu können. Das bedeutet, dass das Dialogfeld GO TO CELL modal sein muss. *Modal* ist ein Fenster, das sich öffnet, wenn es aufgerufen wird, die Anwendung blockiert und damit die Verarbeitung von Interaktionen verhindert, bis das Fenster geschlossen wird. Die von uns zuvor verwendeten Dateidialog- und Meldungsfelder waren modal.

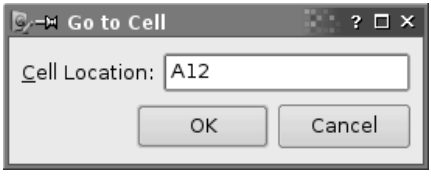


Abbildung 3.13: Das Dialogfeld GO TO CELL der Anwendung Spreadsheet

Ein Dialogfeld ist nicht modal, wenn es mithilfe von `show()` aufgerufen wird (sofern wir nicht vorher `setModal()` aufrufen, um es zu einem modalen Dialogfeld zu machen); es ist modal, wenn es mithilfe von `exec()` aufgerufen wird.

```
void MainWindow::goToCell()
{
    GoToCellDialog dialog(this);
    if (dialog.exec()) {
        QString str = dialog.lineEdit->text().toUpper();
        spreadsheet->setCurrentCell(str.mid(1).toInt() - 1,
                                    str[0].unicode() - 'A');
    }}
```

Die Funktion `QDialog::exec()` liefert den Wert »wahr« (`QDialog::Accepted`) zurück wenn der Dialog mit OK geschlossen wurde, andernfalls den Wert »falsch« (`QDialog::Rejected`). Denken Sie daran, dass wir OK mit `accept()` und CANCEL mit `reject()` verbunden haben, als wir das Dialogfeld GO TO CELL mithilfe von *Qt Designer* in Kapitel 2 erstellt haben. Wenn der Benutzer OK wählt, setzen wir die aktuelle Zelle auf den im Zeileneditor eingegebenen Wert.

Die Funktion `QTableWidget::setCurrentCell()` erwartet zwei Argumente: einen Zeilen- und einen Spaltenindex. In der Tabellenkalkulationsanwendung ist Zelle A1 die Zelle `(0, 0)` und Zelle B27 die Zelle `(26, 1)`. Um den Zeilenindex aus dem von `QLineEdit::text()` zurückgegebenen `QString` abzurufen, extrahieren wir die Zeilennummer mithilfe von `QString::mid()` (wovon ein Teilstring von der Anfangsposition bis zum Ende des Strings zurückgegeben wird), konvertieren sie mithilfe von `QString::toInt()` in den Typ `int` und subtrahieren `1`. Für die Spaltennummer subtrahieren wir den numerischen Wert von `'A'` von dem numerischen Wert des ersten Großbuchstabens im String. Wir wissen, dass der String das richtige Format aufweist, da der Validator `QRegExpValidator`, den wir für das Dialogfeld erstellt haben, die Aktivierung der Schaltfläche OK nur gestattet, wenn wir einen Buchstaben vorliegen haben, auf den drei Ziffern folgen.

Die Funktion `goToCell()` unterscheidet sich insofern von dem gesamten bisher betrachteten Code, als dass sie ein Widget (`GoToCellDialog`) als Variable auf dem Stack erstellt. Mit einer Zeile mehr hätten wir genauso einfach `new` und `delete` verwenden können:

```
void MainWindow::goToCell()
{
    GoToCellDialog *dialog = new GoToCellDialog(this);
    if (dialog->exec()) {
        QString str = dialog->lineEdit->text().toUpper();
        spreadsheet->setCurrentCell(str.mid(1).toInt() - 1,
                                    str[0].unicode() - 'A');
    }
    delete dialog;
}
```

Modale Dialogfelder (und Kontextmenüs in Neuimplementierungen von `QWidget::contextMenuEvent()`) auf dem Stack zu erstellen, ist ein gebräuchliches Programmiermuster, da wir das Dialogfeld (oder Menü) nach der Benutzung normalerweise nicht mehr brauchen und es am Ende des umschließenden Gültigkeitsbereichs automatisch gelöscht wird.

Nun wenden wir uns dem Dialogfeld SORT zu. Dabei handelt es sich um ein modales Dialogfeld, das es dem Benutzer gestattet, den zurzeit ausgewählten Bereich nach den angegebenen Spalten zu sortieren. Abbildung 3.14 zeigt ein Beispiel für die Sortierung, wobei Spalte B den primären und Spalte A den sekundären Sortierschlüssel (beide in aufsteigender Reihenfolge) bildet.

	A	B	C
1	George	Washington	1789-1797
2	John	Adams	1797-1801
3	Thomas	Jefferson	1801-1809
4	James	Madison	1809-1817
5	James	Monroe	1817-1825
6	John Quincy	Adams	1825-1829
7	Andrew	Jackson	1829-1837
8			

(a) Vor dem Sortieren

	A	B	C
1	John	Adams	1797-1801
2	John Quincy	Adams	1825-1829
3	Andrew	Jackson	1829-1837
4	Thomas	Jefferson	1801-1809
5	James	Madison	1809-1817
6	James	Monroe	1817-1825
7	George	Washington	1789-1797
8			

(b) Nach dem Sortieren

Abbildung 3.14: Sortieren des ausgewählten Bereichs der Tabellenkalkulation

```
void MainWindow::sort()
{
    SortDialog dialog(this);
    QTableWidgetSelectionRange range = spreadsheet->selectedRange();
    dialog.setColumnRange('A' + range.leftColumn(),
                          'A' + range.rightColumn());

    if (dialog.exec()) {
        SpreadsheetCompare compare;
        compare.keys[0] =
              dialog.primaryColumnCombo->currentIndex();
        compare.keys[1] =
              dialog.secondaryColumnCombo->currentIndex() - 1;
        compare.keys[2] =
              dialog.tertiaryColumnCombo->currentIndex() - 1;
        compare.ascending[0] =
              (dialog.primaryOrderCombo->currentIndex() == 0);
        compare.ascending[1] =
              (dialog.secondaryOrderCombo->currentIndex() == 0);
        compare.ascending[2] =
              (dialog.tertiaryOrderCombo->currentIndex() == 0);
        spreadsheet->sort(compare);
    }
}
```

Der Code in `sort()` folgt einem ähnlichen Muster, wie es für `goToCell()` verwendet wurde:

- Wir erstellen das Dialogfeld auf dem Stack und initialisieren es.
- Wir öffnen das Dialogfeld mithilfe von `exec()`.
- Wenn der Benutzer auf OK klickt, extrahieren wir die von ihm eingegebenen Werte aus den Widgets des Dialogfelds und nutzen sie.

Der Aufruf von `setColumnRange()` setzt die für die Sortierung zur Verfügung stehenden Spalten auf die ausgewählten Spalten. Unter Verwendung der in Abbildung 3.14 gezeigten Auswahl würde `range.leftColumn()` beispielsweise `0` liefern, was `'A' + 0 = 'A'` ergibt, während `range.rightColumn()` den Wert `2` liefert, also `'A' + 2 = 'C'`.

Das Objekt `compare` speichert den primären, den sekundären und den tertiären Sortierungsschlüssel und ihre Sortierreihenfolge. (Wir werden die Definition der Klasse `SpreadsheetCompare` im nächsten Kapitel erörtern.) Das Objekt wird von `Spreadsheet::sort()` verwendet, um zwei Zeilen zu vergleichen. Das Array `keys` speichert die Spaltennummern der Schlüssel. Wenn die Auswahl beispielsweise von C2 bis E5 reicht, hat die Spalte C die Position `0`. Das Array `ascending` speichert die mit den einzelnen Schlüsseln verbundene Reihenfolge als `bool`-Wert. `QComboBox::currentIndex()` gibt den Index des zurzeit ausgewählten Elements zurück, und zwar beginnend bei `0`. Für den sekundären und tertiären Schlüssel subtrahieren wir 1 von dem aktuellen Element, um das `None`-Element zu berücksichtigen.

Die Funktion `sort()` führt die Aufgabe aus, ist aber etwas anfällig. Sie setzt voraus, dass das Dialogfeld SORT in einer bestimmten Weise implementiert ist, und zwar mit Kombinationsfeldern und `None`-Elementen. Das bedeutet, dass wir beim Neudesign des Dialogfelds SORT möglicherweise auch diesen Code neu schreiben müssen. Während dieser Ansatz für ein Dialogfeld geeignet ist, das nur von einer Stelle aus aufgerufen wird, öffnet er bei der Wartung Albträumen Tür und Tor, wenn das Dialogfeld an mehreren Stellen verwendet wird.

Ein soliderer Ansatz besteht darin, die Klasse `SortDialog` intelligenter zu gestalten, indem sie selbst ein `SpreadsheetCompare`-Objekt erstellt, auf das der Aufrufende nicht zugreifen kann. Damit wird `MainWindow::sort()` erheblich vereinfacht:

```
void MainWindow::sort()
{
    SortDialog dialog(this);
    QTableWidgetSelectionRange range = spreadsheet->selectedRange();
    dialog.setColumnRange('A' + range.leftColumn(),
                          'A' + range.rightColumn());
    if (dialog.exec())
        spreadsheet->performSort(dialog.comparisonObject());
}
```

Dieser Ansatz führt zu lose gekoppelten Komponenten und stellt fast immer die richtige Wahl für Dialogfelder dar, die von mehr als einer Stelle aus aufgerufen werden.

Ein radikalerer Ansatz besteht darin, bei der Initialisierung des Objekts `SortDialog` einen Zeiger auf das Objekt `Spreadsheet` zu übergeben und dem Dialogfeld zu gestatten, direkt auf `Spreadsheet` einzuwirken. Dadurch wird `SortDialog` weniger umfassend, da es nur bei einem bestimmten Widget-Typ funktioniert, aber es vereinfacht den Code noch weiter, indem die Funktion `SortDialog::setColumnRange()` entfernt wird. Die Funktion `MainWindow::sort()` wird dann zu:

```
void MainWindow::sort()
{
    SortDialog dialog(this);
    dialog.setSpreadsheet(spreadsheet);
    dialog.exec();
}
```

Dieser Ansatz verhält sich spiegelbildlich zum ersten: Anstelle des Aufrufenden benötigt nun das Dialogfeld eingehende Kenntnisse über die von dem Aufrufenden gelieferten Datenstrukturen. Dieser Ansatz kann nützlich sein, wenn das Dialogfeld Änderungen direkt anwenden muss. Ebenso wie der aufrufende Code beim ersten Ansatz anfällig ist, versagt dieser dritte Ansatz, wenn sich die Datenstrukturen ändern.

Einige Entwickler wählen nur einen Ansatz für die Verwendung von Dialogfeldern und bleiben auch dabei. Dies hat den Vorteil der Vertrautheit und Einfachheit, da die Verwendung ihrer Dialogfelder stets demselben Muster folgt. Allerdings fehlen auch die Vorteile der nicht verwendeten Ansätze. Idealerweise sollte die Entscheidung über die zu verwendende Vorgehensweise für jedes Dialogfeld einzeln getroffen werden.

Wir runden diesen Abschnitt mit dem Feld ABOUT ab. Wie im Fall von FIND oder GO TO CELL könnten wir ein benutzerdefiniertes Dialogfeld erstellen, um die Informationen über die Anwendung zu präsentieren, aber da die meisten Informationsfelder dieser Art sehr stilisiert sind, bietet Qt eine einfachere Lösung.

```
void MainWindow::about()
{
    QMessageBox::about(this, tr("About Spreadsheet"),
            tr("<h2>Spreadsheet 1.1</h2>"
               "<p>Copyright &copy; 2006 Software Inc."
               "<p>Spreadsheet is a small application that "
               "demonstrates QAction, QMainWindow, QMenuBar, "
               "QStatusBar, QTableWidget, QToolBar, and many other "
               "Qt classes."));}
```

Das Feld ABOUT erhalten Sie durch den Aufruf von `QMessageBox::about()`, einer statischen Komfortfunktion. Sie weist große Ähnlichkeiten mit `QMessageBox::warning()` auf, mit der Ausnahme, dass sie das Symbol des übergeordneten Fensters statt des Standardsymbols für Warnungen verwendet.

Bisher haben wir mehrere statische Komfortfunktionen sowohl von `QMessageBox` als auch von `QFileDialog` verwendet. Diese Funktionen erstellen ein Dialogfeld, initialisieren es und rufen `exec()`auf. Darüber hinaus ist es möglich, wenn auch nicht so bequem, ein `QMessageBox`- oder `QFileDialog`-Widget wie alle anderen Widgets zu erstellen und `exec()` oder sogar `show()`explizit dafür aufzurufen.

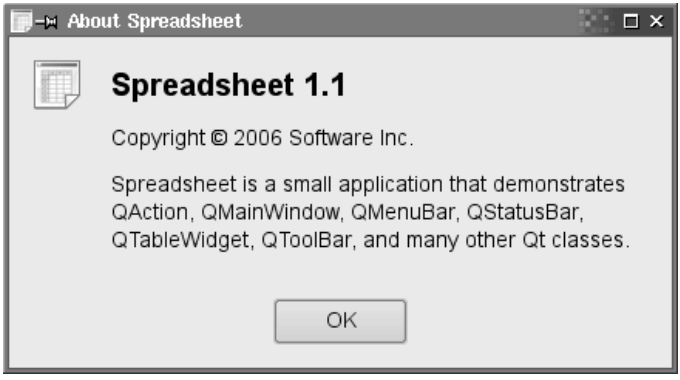


Abbildung 3.15: Über Spreadsheet

3.6 Einstellungen speichern

Im Konstruktor `MainWindow` haben wir `readSettings()` aufgerufen, um die gespeicherten Einstellungen der Anwendung aufzurufen. In ähnlicher Weise haben wir `writeSettings()` in `closeEvent()` aufgerufen, um die Einstellungen zu speichern. Diese beiden Funktionen sind die letzten Memberfunktionen von `MainWindow`, die implementiert werden müssen.

```
void MainWindow::writeSettings()
{
    QSettings settings("Software Inc.", "Spreadsheet");

    settings.setValue("geometry", geometry());
    settings.setValue("recentFiles", recentFiles);
    settings.setValue("showGrid", showGridAction->isChecked());
    settings.setValue("autoRecalc", autoRecalcAction->isChecked());
}
```

Die Funktion `writeSettings()` speichert die Geometrie (Position und Größe) des Hauptfensters, die Liste der zuletzt geöffneten Dateien und die Optionen SHOW GRID und AUTO-RECALCULATE.

Standardmäßig speichert `QSettings` die Einstellungen der Anwendung an plattformspezifischen Orten. Unter Windows wird die Systemregistrierung verwendet, unter Unix werden die Daten in Textdateien gespeichert, und unter Mac OS X wird das Core Foundation Preferences-API verwendet.

Die Konstruktorargumente geben den Namen der Organisation und der Anwendung an. Diese Informationen werden in plattformspezifischer Weise verwendet, um einen Speicherort für die Einstellungen zu finden.

`QSettings` speichert Einstellungen als *Schlüssel/Wert*-Paare. Der *Schlüssel* ähnelt dem Pfad eines Dateisystems. Unterschlüssel können mithilfe einer pfadähnlichen Syntax (z. B. `findDialog/matchCase`) oder unter Verwendung von `beginGroup()` und `endGroup()` angegeben werden:

```
settings.beginGroup("findDialog");
settings.setValue("matchCase", caseCheckBox->isChecked());
settings.setValue("searchBackward", backwardCheckBox->isChecked());
settings.endGroup();
```

Bei dem *Wert* kann es sich um `int`, `bool`, `double`, `QString`, `QStringList` oder jeden anderen von `QVariant` unterstützten Typ handeln, wozu auch registrierte benutzerdefinierte Typen gehören.

```
void MainWindow::readSettings()
{
    QSettings settings("Software Inc.", "Spreadsheet");

    QRect rect = settings.value("geometry",
                                QRect(200, 200, 400, 400)).toRect();
    move(rect.topLeft());
    resize(rect.size());

    recentFiles = settings.value("recentFiles").toStringList();
    updateRecentFileActions();

    bool showGrid = settings.value("showGrid", true).toBool();
    showGridAction->setChecked(showGrid);

    bool autoRecalc = settings.value("autoRecalc", true).toBool();
    autoRecalcAction->setChecked(autoRecalc);
}
```

Die Funktion `readSettings()` lädt die von `writeSettings()` gespeicherten Einstellungen. Das zweite Argument der Funktion `value()` gibt einen Standardwert an, falls keine Einstellungen zur Verfügung stehen. Die Standardwerte werden bei der ersten Ausführung der Anwendung verwendet. Da kein zweites Argument für die Liste der zuletzt geöffneten Dateien vorgegeben ist, wird es bei der ersten Ausführung auf eine leere Liste gesetzt.

Qt stellt als Ergänzung zu `QWidget::geometry()` die Funktion `QWidget::setGeometry()` bereit, die jedoch aufgrund der Begrenzungen in vielen Fenstermanagern nicht immer so funktioniert, wie wir es von X11 erwarten. Aus diesem Grund verwenden wir stattdessen `move()` und `resize()`. (Eine ausführliche Erläuterung finden Sie unter *http://doc.trolltech.com/4.1/geometry.html*.)

Die von uns in `MainWindow` gewählte Anordnung mit all dem auf `QSettings` bezogenen Code in `readSettings()` und `writeSettings()` ist nur einer von vielen Ansätzen. Ein

`QSettings`-Objekt kann zur Abfrage oder Änderung einiger Einstellungen jederzeit während der Ausführung der Anwendung von einer beliebigen Stelle im Code aus erstellt werden.

Nun haben wir die Implementierung von `MainWindow` für die Tabellenkalkulation beendet. In den folgenden Abschnitten werden wir erörtern, wie die Anwendung so geändert werden kann, dass sie mehrere Dokumente verarbeitet, und wie Sie einen Titelbildschirm implementieren. Wir werden seine Funktionalität, einschließlich der Formelbehandlung und Sortierung, im nächsten Kapitel vervollständigen.

3.7 Mehrere Dokumente

Nun sind wir bereit, die Funktion `main()` für die Tabellenkalkulationsanwendung zu kodieren:

```
#include <QApplication>
#include "mainwindow.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication app(argc, argv);
    MainWindow mainWin;
    mainWin.show();
    return app.exec();
}
```

Die Funktion `main()` unterscheidet sich ein wenig von den bisher beschriebenen Funktionen. Anstatt `new` zu verwenden, haben wir die Instanz von `MainWindow` als Variable auf dem Stack eingesetzt. Die Instanz wird dann automatisch gelöscht, wenn die Funktion beendet ist.

Bei der oben gezeigten Funktion `main()` stellt die Tabellenkalkulationsanwendung ein einzelnes Hauptfenster bereit und kann jeweils nur ein Dokument verarbeiten. Wenn wir mehrere Dokumente gleichzeitig bearbeiten wollen, können wir mehrere Instanzen der Tabellenkalkulationsanwendung starten. Dies ist aber nicht so bequem für die Benutzer wie eine einzelne Instanz der Anwendung, die auf ähnliche Weise mehrere Hauptfenster bereitstellt, wie z.B. eine Instanz eines Webbrowsers mehrere Browserfenster zeigt.

Wir werden die Tabellenkalkulationsanwendung so verändern, dass sie mehrere Dokumente verarbeiten kann. Zuerst brauchen wir ein anderes Datei-Menü:

- FILE | NEW erstellt ein neues Hauptfenster mit einem leeren Dokument, anstatt das vorhandene Hauptfenster wiederzuverwenden.
- FILE | CLOSE schließt das aktuelle Hauptfenster.
- FILE | EXIT schließt alle Fenster.

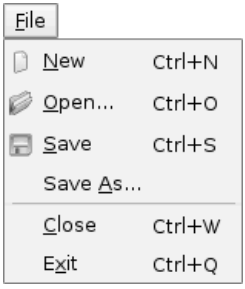


Abbildung 3.16: Das neue Datei-Menü

Die ursprüngliche Version des Datei-Menüs enthielt noch nicht die Option CLOSE, da dies derselbe Vorgang gewesen wäre wie EXIT.

Die neue Funktion `main()` sieht wie folgt aus:

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication app(argc, argv);
    MainWindow *mainWin = new MainWindow;
    mainWin->show();
    return app.exec();
}
```

Der neue Slot `MainWindow::newFile()` sieht wie folgt aus:

```
void MainWindow::newFile()
{
    MainWindow *mainWin = new MainWindow;
    mainWin->show();
}
```

Wir erstellen einfach eine neue Instanz von `MainWindow`. Es mag merkwürdig erscheinen, dass wir keinen Zeiger auf das neue Fenster beibehalten, aber das ist kein Problem, da Qt alle Fenster für uns im Auge behält.

Im Folgenden sehen Sie die Aktionen für CLOSE und EXIT:

```
void MainWindow::createActions()
{
    ...
    closeAction = new QAction(tr("&Close"), this);
    closeAction->setShortcut(tr("Ctrl+W"));
    closeAction->setStatusTip(tr("Close this window"));
    connect(closeAction, SIGNAL(triggered()), this, SLOT(close()));

    exitAction = new QAction(tr("E&xit"), this);
    exitAction->setShortcut(tr("Ctrl+Q"));
    exitAction->setStatusTip(tr("Exit the application"));
```

```
    connect(exitAction, SIGNAL(triggered()),
            qApp, SLOT(closeAllWindows()));
    ...
}
```

Der Slot `QApplication::closeAllWindows()` schließt alle Fenster der Anwendung, sofern keines dieses Ereignis verweigert. Dies ist genau das Verhalten, das wir hier brauchen. Wir müssen uns keine Gedanken über nicht gespeicherte Änderungen machen, da dieser Vorgang jedes Mal von `MainWindow::closeEvent()` verarbeitet wird, wenn ein Fenster geschlossen wird.

Es sieht so aus, als wären wir mit der Vorbereitung der Anwendung für die Verarbeitung mehrerer Fenster fertig. Leider lauert da noch ein verstecktes Problem: Wenn der Benutzer weiterhin Hauptfenster erstellt und schließt, geht dem Rechner möglicherweise der Speicher aus. Das liegt daran, dass wir weiterhin `MainWindow`-Widgets in `newFile()` erstellen, sie aber nie löschen. Wenn der Benutzer ein Hauptfenster schließt, wird es standardmäßig verborgen, sodass es weiterhin im Speicher bleibt. Bei einer großen Anzahl von Hauptfenstern kann das zum Problem werden.

Die Lösung besteht darin, im Konstruktor das Attribut `Qt::WA_DeleteOnClose` festzulegen:

```
MainWindow::MainWindow()
{
    ...
    setAttribute(Qt::WA_DeleteOnClose);
    ...
}
```

Damit wird Qt angewiesen, das Fenster nach dem Schließen zu löschen. Das Attribut `Qt::WA_DeleteOnClose` ist eines von vielen Flags, die für die Klasse `QWidget` gesetzt werden können, um deren Verhalten zu beeinflussen.

Speicherlecks sind nicht das einzige Problem, um das wir uns kümmern müssen. Unser ursprüngliches Anwendungsdesign setzte voraus, dass wir nur ein Hauptfenster besitzen. Bei mehreren Fenstern verfügt jedes Hauptfenster über eine eigene Liste der zuletzt geöffneten Dateien und über seine eigenen Optionen. Die Liste der zuletzt geöffneten Dateien sollte eindeutig global für die gesamte Anwendung gelten. Dies lässt sich recht einfach erreichen, indem wir `recentFiles` als statische Variable deklarieren, sodass es für die gesamte Anwendung nur eine Instanz davon gibt. Dann müssen wir aber sicherstellen, dass wir immer, wenn wir `updateRecentFileActions()` zur Aktualisierung des Datei-Menüs aufrufen, diese Funktion für alle Hauptfenster aufrufen. Dies lässt sich mit dem folgenden Code erreichen:

```
foreach (QWidget *win, QApplication::topLevelWidgets()) {
    if (MainWindow *mainWin = qobject_cast<MainWindow *>(win))
        mainWin->updateRecentFileActions();
}
```

Der Code verwendet das Qt-Konstrukt `foreach` (das in Kapitel 11 erläutert wird), um eine Iteration über alle Anwendungsfenster durchzuführen, und ruft `updateRecentFileActions()` für alle Widgets vom Typ `MainWindow` auf. Ein ähnlicher Code kann verwendet werden, um die Optionen SHOW GRID und AUTO-RECALCULATE zu synchronisieren oder um sicherzustellen, dass dieselbe Datei nicht zweimal geladen wird.

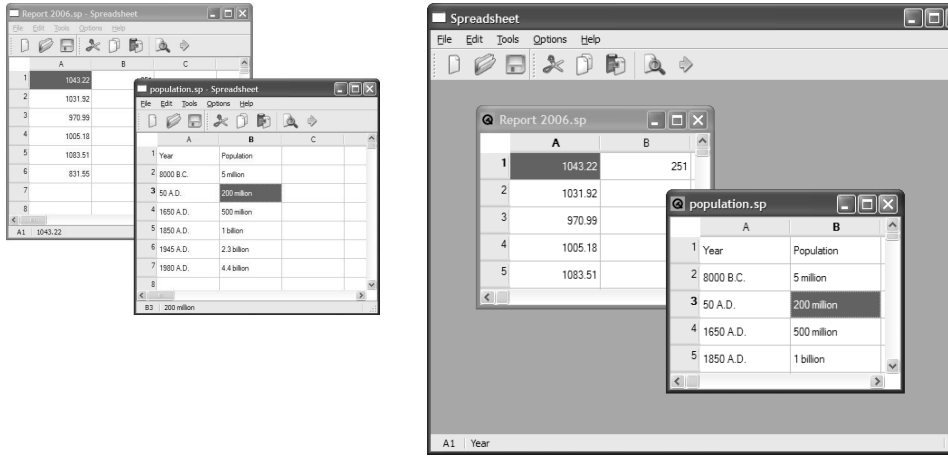


Abbildung 3.17: SDI im Vergleich zu MDI

Anwendungen, die ein Dokument pro Hauptfenster bereitstellen, werden als SDI-Anwendungen (Single Document Interface) bezeichnet. Eine gebräuchliche Alternative unter Windows ist MDI (Multiple Document Interface), wobei die Anwendung über ein Hauptfenster verfügt, das sowohl zum Erstellen von SDI- als auch MDI-Anwendungen auf allen unterstützten Plattformen verwendet werden kann. Abbildung 3.17 zeigt die Anwendung Spreadsheet unter Verwendung beider Ansätze. MDI wird in Kapitel 6, »Layout-Verwaltung«, erläutert.

3.8 Startbildschirme

Viele Anwendungen präsentieren beim Start einen Startbildschirm. Einige Entwickler verwenden einen Startbildschirm, um einen langsamen Start zu verschleiern, während andere ihn benutzen, um ihre Marketingabteilungen zufrieden zu stellen. Qt-Anwendungen einen Startbildschirm hinzuzufügen, ist mithilfe der Klasse `QSplashScreen` sehr einfach.

Die Klasse `QSplashScreen` zeigt vor dem Erscheinen des Hauptfensters ein Bild an. Sie kann auch Meldungen in das Bild schreiben, um den Benutzer über den Fortschritt des Initialisierungsprozesses der Anwendung zu informieren. Normalerweise besteht der

Code für den Startbildschirm in der Funktion `main()` vor dem Aufruf von `QApplication::exec()`.

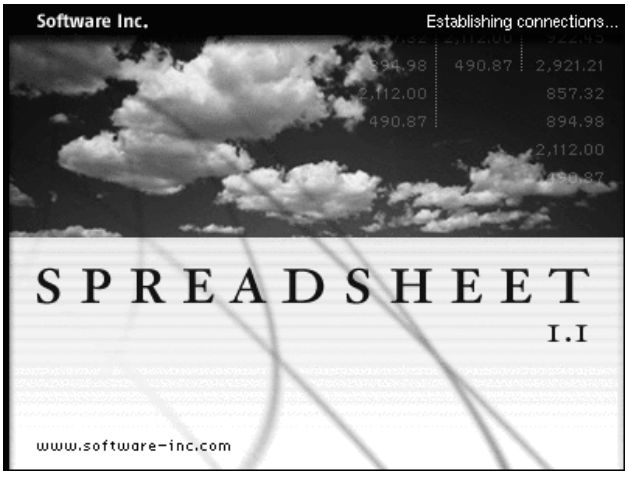


Abbildung 3.18: Ein Startbildschirm

Das folgende Beispiel für die Funktion `main()` verwendet `QSplashScreen`, um einen Startbildschirm in einer Anwendung zu präsentieren, die beim Start Module lädt und Netzwerkverbindungen herstellt.

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication app(argc, argv);

    QSplashScreen *splash = new QSplashScreen;
    splash->setPixmap(QPixmap(":/images/splash.png"));
    splash->show();

    Qt::Alignment topRight = Qt::AlignRight | Qt::AlignTop;

    splash->showMessage(QObject::tr("Setting up the main window..."),
                        topRight, Qt::white);
    MainWindow mainWin;

    splash->showMessage(QObject::tr("Loading modules..."),
                        topRight, Qt::white);
    loadModules();

    splash->showMessage(QObject::tr("Establishing connections..."),
                        topRight, Qt::white);
    establishConnections();
```

```
    mainWin.show();
    splash->finish(&mainWin);
    delete splash;

    return app.exec();
}
```

Nun haben wir die Benutzerschnittstelle der Anwendung Spreadsheet fertig gestellt. Im nächsten Kapitel werden wir die Anwendung vollenden, indem wir die Kernfunktionalität der Tabellenkalkulation implementieren.