

Software
zum Ermitteln der Schusswerte
für das Gewehr G22

Eine Hilfe für den Scharfschützentrupp

erstellt von

Hendrik Engelhardt

Mittenwald, den 28. Juni 2005

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei folgenden Personen für die in verschiedenster Form geleistete Unterstützung recht herzlich bedanken.

1. OTL Lausmann, er ermöglichte die Teilnahme am Lehrgang „Scharfschützen-einsatz im Hochgebirge Teil Sommer“ im Jahr 2003.
2. OStFw Siegel, er begleitete das Projekt von der ersten Idee bis zum aktuellen Stand mit seiner äußerst fachkompetenten und kameradschaftlichen Kritik.
3. Prof. Dipl-Ing. Höcherl, nach Anfrage bot er mir sofort seine umfassende Hilfe an und hat insbesondere durch die gelieferten ballistischen Grundlagen entscheidenden Anteil.

Abstract

Dieses Dokument beschreibt die Entwicklung eines ballistischen Rechners für das G22. Mit diesem soll dem Schützen und dem Beobachter die Arbeit in der Stellung hinsichtlich Geschwindigkeit und Genauigkeit erleichtert werden.

Schlagwörter: Scharfschützen, Gewehr G22, Rechner, Ballistik

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Lagefeststellung	2
2.1	Material	2
2.2	Beschreibung der Situation beim Schießen	2
2.2.1	Zusammenarbeit im Trupp	2
2.2.2	Tätigkeiten des Beobachters zum Ermitteln der Schusswerte	3
2.3	Genauigkeit der Daten	3
2.3.1	Entfernung	3
2.3.2	Winkel zum Ziel	4
2.3.3	Wind	4
2.3.4	Andere Einflüsse	4
2.4	Zusammenfassung	4
3	Anforderungen an ein Rechenprogramm G22	6
3.1	Problemabgrenzung	6
3.2	Ausgabewerte	6
3.3	Zu berücksichtigende Einflüsse	6
3.4	Bedienung	6
3.5	Zusammenfassung	6
4	Implementierung	8
4.1	Benutzerschnittstelle	8
4.2	Grundlagen für die Berechnungen	10
4.2.1	Grundlegende ballistische Betrachtungen	10
4.2.2	Weitere ballistische Betrachtungen	11
4.2.2.1	Winkelschuss	12
4.2.2.2	Windeinfluss	12
4.2.2.3	Höhe üNN	13
4.2.2.4	Temperatur	13
4.2.2.5	ZF-Einstellung für die Entfernung	13
4.2.2.6	ZF-Einstellung für die Seite	14
4.2.2.7	Der Ballistische Koeffizient	14
4.3	Programmablauf	14
4.3.1	Auslesen der Daten der Eingabefelder	14
4.3.2	Berechnungsschritte	14
4.4	Zusammenfassung	15
5	Test	17
5.1	Vergleich mit vorhandenen Daten	17
5.2	Erprobung	17
5.3	Probleme	17

6 Weiterentwicklungsmöglichkeiten	18
6.1 Verbessern der ballistischen Grundlagen	18
6.2 Ergänzen von Funktionen	18
6.3 Portierung auf tragbare Geräte	19
7 Einsatz bei den Scharfschützentrupps G22	20
8 Zusammenfassung	21
A Bedienungsanleitung	22
A.1 Vorraussetzungen	22
A.2 Installation des Programms	22
A.3 Start	22
A.4 Info	22
A.5 Grunddaten erfassen	23
A.6 Rechnung durchführen	24
A.7 Gesamtbeispiel	26
A.8 Gefechtsbeispiel	28
A.9 Zusammenfassung	28
B Literatur	29

Abbildungsverzeichnis

4.1	Entwurf der Benutzerschnittstelle	9
4.2	Die Seite Rechnung	10
4.3	Programmablaufschema	15
A.1	Info-Seite des Programms	23
A.2	Munition-Seite des Programms	23
A.3	Umwelt-Seite des Programms	24
A.4	Erfassen von Entfernung und Winkel	25
A.5	Ergebnis	25
A.6	Umweltdaten eingeben	26
A.7	Munitionsdaten erfassen	27
A.8	Entfernung und Winkel eingeben, Rechnen lassen, Anzeige Ergebnis .	27
A.9	Neues Ziel	28

1 Einführung

Das Schießen auf weite Entfernung und kleine Ziele mit einem Gewehr erfordert eine geeignete Waffe, Zieleinrichtung und Munition, sowie viel Übung und Erfahrung.

Die Bundeswehr führt seit geraumer Zeit für die Scharfschützen das Gewehr G22 mit der Patrone 7.62 x 67 mm (.300 WinMag). Die Schützen und Schießlehrer werden an der Infanterieschule in Hammelburg in zentralen Lehrgängen sehr gründlich ausgebildet. Die Ausbildung umfasst auch das sichere Schießen auf die geforderten Einsatzentfernungen unter allen Bedingungen. Diese Ausbildung wird für die Gebirgsjägertruppe durch einen Lehrgang an der Gebirgs- und Winterkampfschule in Mittenwald ergänzt. In diesem Lehrgang soll der Scharfschütze die Besonderheiten des Einsatzes und des Schießens im Gebirge kennen lernen. Der Schwerpunkt liegt dabei beim Schießen bergauf und bergab.

Nach dieser Ausbildung soll der Scharfschütze befähigt sein, im gesamten heutigen Einsatzspektrum der Bundeswehr Aufträge erfüllen zu können.

Diese Arbeit unterbreitet einen Vorschlag, welcher den Scharfschützentrupp befähigen soll schneller und genauer als bisher ein Ziel im Erstschuss erfolgreich bekämpfen zu können. Kern ist ein Rechenprogramm, welches die erforderlichen Schusswerte für den Schützen ermittelt.

Dazu erfolgt zunächst die Lagefeststellung der aktuellen Situation des Trupps beim Schießen. Es werden die Anforderungen an ein entsprechendes Programm aus Sicht des Autors beschrieben, eine mögliche Implementierung vorgestellt, Weiterentwicklungspotentiale aufgezeigt und konkrete Vorschläge zum Einsatz bei den Scharfschützentrupps G22 gemacht.

Den Anstoß zur Bearbeitung der Problemstellung bekam der Autor durch seine persönlichen Erfahrungen beim Schießen auf dem oben aufgeführten Lehrgang im Hochgebirge und durch das Abweichen der persönlichen Schusswerte gegenüber den Schusstafeln beim Schießen auf Entfernungen größer als 800m.

2 Lagefeststellung

2.1 Material

Derzeit muss der Trupp mindestens folgende Ausrüstung zum erfolgreichen Schießen auf ein Ziel in die Stellung des Schützen verbringen.

- Waffe
- Munition
- Entfernungsmesser
- Zweitbewaffnung
- Taschenrechner
- Schusstafel(n)
- Schießbuch des Schützen
- Stift
- Anteile der persönlichen Ausrüstung
- Winkelmesser
- Beobachtungsmittel zur Zielaufklärung
- Windmesser

2.2 Beschreibung der Situation beim Schießen

2.2.1 Zusammenarbeit im Trupp

Beim Schießen arbeitet der Trupp arbeitsteilig zusammen. Der Schütze nimmt die erforderlichen Einstellungen am Zielfernrohr¹ vor und konzentriert sich auf den sicheren Schuss.

Nach Aufklärung des Ziels ermittelt der Beobachter die erforderlichen Daten für den Schützen. Dazu benutzt er mindestens den Entfernungsmesser, die Schusstafel(n), das Schießbuch des Schützen, den Taschenrechner und einen Stift. Der Beobachter gibt dem Schützen die Entfernungs- und Seiteneinstellung in Klicks für sein ZF an und überprüft die durch den Schützen vorgenommenen Einstellungen. Bei Schussabgabe beobachtet er den Schuss und die Wirkung im Ziel. Hat der Schütze nicht getroffen, liegt es beim Beobachter, den Schuss zu beurteilen und mögliche Korrekturen an den Schützen zu geben. Erkennt der Schütze einen Schützenfehler, wird er in Absprache mit dem Beobachter den Schuss mit den gleichen Einstellungen wiederholen, sollte dies die Lage zulassen.

Daraus ergibt sich, dass die Verantwortung für die korrekten Einstellwerte beim Beobachter liegt. Dazu muss dieser mindestens mit den oben beschriebenen Hilfsmitteln arbeiten, um diese Forderung erfüllen zu können.

¹ ZF

2.2.2 Tätigkeiten des Beobachters zum Ermitteln der Schusswerte

Zum Ermitteln der erforderlichen Einstellungen für das ZF verfährt der Beobachter wie folgt:

1. Ermitteln der Entfernung zum Ziel, in der Regel mit einem Entfernungsmesser² auf den Meter genau,
2. Ermitteln des Winkels zum Ziel, entweder mit dem Entfernungsmesser, der auch den Winkel messen kann, oder mit einem Hilfsmittel³,
3. Ermitteln der Windstärke und Windrichtung durch Schätzen oder Messen mit dem Windmesser⁴,
4. Ermitteln der erforderlichen Einstellung für die Entfernung aus der Schusstafel für die gemessene Entfernung,
5. Umrechnen des ermittelten Wertes zum Anpassen der Einstellungen für den Winkelschuss⁵,
6. Ermitteln der erforderlichen Werte für die Seiteneinstellung in Abhängigkeit von den für den Wind ermittelten Werte,
7. Prüfen der Ausgangsdaten, wie Munitionssorte, Anfangsgeschwindigkeit des Munitionsloses, der Höhe über normal Null⁶, der Temperatur und gegebenenfalls gemäß Schusstafel die zuvor ermittelten Werte anpassen,
8. Prüfen der Unterlagen des Schützen auf einen ähnlichen Schuss, um die Werte entsprechend vergleichen und bei Bedarf korrigieren zu können⁷.

2.3 Genauigkeit der Daten

Die im Abschnitt 2.2.2 **Tätigkeiten des Beobachters zum Ermitteln der Schusswerte** dargestellten Abläufe zeigen bei genauer Betrachtung einige mögliche Fehlerquellen auf.

Es soll angenommen werden, dass die Werte für Entfernung und Winkel zum Ziel, sowie für den Wind genau ermittelt wurden.

2.3.1 Entfernung

Zunächst ermittelt der Beobachter mit der Schusstafel die nötigen Erhöhungsklicks. Dieser Wert ist nur bedingt genau, da die Schusstafel nur Werte in 50 m Schritten anbietet. Für Zwischenentfernungen muss der Beobachter schätzen oder Erfahrungswerte aus dem Schießbuch des Schützen zu Hilfe nehmen⁸. Die Tafel ist außerdem ein Diagramm, welches ein genaues Ablesen erschwert. Daraus ergibt sich eine erste mögliche Fehlerquelle.

² LEM, Vector

³ z.B. Meßkärtchen am Schaft mit Lot

⁴ Messen nur in der Stellung möglich

⁵ gem. Schusstafel

⁶ üNN

⁷ dies kann auch der erste Schritt sein !!

⁸ diese müssen aber auch in allen anderen Einflüssen mit den aktuellen Gegebenheiten überein stimmen

2.3.2 Winkel zum Ziel

Nach der Entfernung kommt der Winkel zum Ziel zum Tragen. Hier muss der Beobachter wieder die Schusstafel zu Rate ziehen, welche eine Prozentskala zur Reduzierung der Entfernungseinstellung bei bestimmten Winkeln bietet. Diese Skala weist 5° Schritte auf. Die Umrechnung nimmt der Beobachter mit dem Taschenrechner oder Papier und Stift vor. Diese Werte für die Entfernungseinstellung überträgt er mit dem Stift in das Schießbuch des Schützen. Auch hier sind Zwischenwerte nicht möglich und somit Ungenauigkeiten zu erwarten.

2.3.3 Wind

Auch das Ermitteln der Schusswerte für den Wind ist ungenau und fehlerbehaftet. Sind diese Werte ermittelt, muss der Beobachter mit Hilfe des Taschenrechners oder Papier und Stift noch die nötige Ablage für die gemessene Entfernung berechnen. Dabei ist nicht nur die Stärke des Windes zu berücksichtigen, sondern auch die Richtung, aus welcher er kommt. Die so errechnete Ablage ist dann wiederum in die Klickverstellung zu übertragen. Diese Rechnung des Beobachters kann, unabhängig von den für den Wind gemessenen Werte, Ungenauigkeiten aufweisen.

2.3.4 Andere Einflüsse

Der Beobachter hat bei der Ermittlung der Werte, wie oben dargestellt, auch die Munitionssorte, die Höhe üNN und die Anfangsgeschwindigkeit des Munitionsloses zu berücksichtigen. Werte für diese Einflüsse kann er ebenso der Schusstafel, als auch den Aufzeichnungen des Schützen entnehmen. Aber auch diese Werte kommen nur richtig zum Tragen, wenn alle für den aktuellen Schuss auch zutreffen. Diese Daten sind sehr global. Die Schusstafel G22 sagt zum Beispiel, dass pro 1000 Höhenmeter ein Klick in der Entfernungseinstellung abzuziehen sei. Das ist eine recht große Spanne und läßt die Frage zu, ob es nicht doch Zwischenbereiche gibt, in denen eine Verstellung notwendig wäre.

Theoretisch kommen noch andere Einflüsse, wie Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Munitionstemperatur/ Feuchtigkeit hinzu. Diese sind in ihrer Auswirkung allerdings in dem von uns betrachteten Spezialfall zu vernachlässigen. Der Luftdruck sollte über die Höhe üNN allerdings schon Eingang in die Berechnungen des Beobachters gefunden haben.

2.4 Zusammenfassung

Die oben angestellten Betrachtungen lassen erahnen, wie gering bei einem hinreichend kleinen Ziel, im Verhältnis zur Schussentfernung, die Wahrscheinlichkeit eines Erstschusstreffers ist. Ist dies dennoch der Fall, kann es sich nur um ein sehr gut und sehr lange trainiertes Team mit einem sehr hohen Maß an Erfahrung handeln.

Es ist also sinnvoll, sich über das Minimieren der Fehlerquellen Gedanken zu machen. Eine Fehlerquelle sind wie dargestellt, die Berechnungen des Beobachters zum Ermit-

teln der Einstellungen des ZF in der Höhe und Seite. Hier kann ein Rechenprogramm, welches alle ermittelten und bekannten Werte berücksichtigt, helfen. Dadurch kann der Beobachter schneller und sicherer die geforderten Werte an seinen Schützen liefern.

Ein weiterer Vorteil wäre die geringere Anzahl von Bewegungen, welche in der Stellung durch das Arbeiten des Beobachters erzeugt werden. Die Aufklärung des Trupps durch einen möglichen Gegner ist damit weiter erschwert.

Insbesondere im Hochgebirge in extrem alpinen Stellungsbereichen gäbe es noch einen Vorteil. Die in der Stellung erforderlichen Gegenstände zum Ermitteln der korrekten Werte ließen sich wesentlich reduzieren. Das ist besonders wichtig, da der Verlust eines der oben beschriebenen Gegenstände durch Absturz zu einer deutlichen Beeinträchtigung oder zum Ausfall des Trupps führen kann.

3 Anforderungen an ein Rechenprogramm G22

In diesem Abschnitt sollen abgeleitet von den Betrachtungen aus dem Abschnitt 2 **Lagefeststellung** die Anforderungen an ein Rechenprogramm für das Gewehr G22 dargestellt werden.

3.1 Problemabgrenzung

Zunächst kann das Problemfeld des Programms eingegrenzt werden. Der Rechner soll ausschließlich die erforderlichen Daten für das Gewehr G22 berechnen. Damit ist der Munitionstyp, die verwendeten Munitionssorten und das ZF bekannt. Der Rechner soll nur die für das Schießen auf ein Ziel auf dem Gefechtsfeld erforderlichen Daten liefern.

3.2 Ausgabewerte

Als Ausgabewerte sind die Einstellungen am ZF in Höhe und Seite, sowie die Richtung der Seitenverstellung zu liefern. Das sind die einzigen zum erfolgreichen Schuss benötigten Werte.

3.3 Zu berücksichtigende Einflüsse

Das Programm sollte folgende Einflüsse berücksichtigen können:

- Munitionssorte
- Anfangsgeschwindigkeit des Munitionsloses
- Höhe üNN
- Windstärke und Windrichtung
- Temperatur
- Entfernung zum Ziel
- Winkel zum Ziel

3.4 Bedienung

Das Programm muss sehr einfach in der Handhabung sein. Es sollte sich auf die notwendigsten Schritte zu seiner Bedienung konzentrieren. Die in 3.2 **Ausgabewerte** vorgeschlagenen Ausgabewerte sollten unverwechselbar und unter allen Bedingungen abzulesen sein. Neue Eingaben sollten eine sofortige Neuberechnung der Ausgabewerte zur Folge haben. Im Abschnitt 4 **Implementierung** wird sich noch genauer mit dem Konzept zur Bedienung des Programmes befasst.

3.5 Zusammenfassung

Die Anforderungen an ein Rechenprogramm für das Gewehr G22 lassen sich recht genau definieren, insbesondere, da es sich um einen sehr speziellen Fall handelt. Daher

kann der Funktionsumfang auf das Wesentliche beschränkt werden. Der Aufwand zur Erstellung, zum Testen und zur Einführung einer entsprechenden Software und damit auch die Kosten lassen sich gegenüber konventionellen am Markt verfügbaren Systemen⁹ in Grenzen halten.

⁹ Solche Software muss möglichst viele Waffen, Zielmittel, Munitionssorten berücksichtigen und verschiedenen Anforderungen verschiedener Anwender (Schützen, Wiederlager, Jäger) gerecht werden.

4 Implementierung

Das Programm soll zunächst zur Demonstration als Java-Applikation implementiert werden. Die Wahl fiel auf Java, da dieses für alle Plattformen¹⁰ zur Verfügung steht, und somit eine Portabilität zunächst im PC-Bereich gewährleistet ist. Weiterhin existieren Java-Engines/ Runtimes für mobile Geräte, wie PDA's und Mobiltelefone. Einige Geräte dieser Klasse basieren ausschließlich auf Java¹¹. Das Programm wäre auch als Java-Applet innerhalb eines üblichen Browsers für das Internet denkbar. Diese wiederum sind auch als mobile Versionen auf vielen Geräten vorhanden.

Als Entwicklungswerkzeuge kamen die NetBeans IDE¹² und Java¹³ in der aktuellsten¹⁴ Version zum Einsatz. Beide Softwarewerkzeuge stehen ohne Gebühren zur Verfügung.

4.1 Benutzerschnittstelle

An den Abschnitt 3.4 **Bedienung** anknüpfend soll zunächst das Bedienkonzept des Programms und die Implementierung der Benutzerschnittstelle beschrieben werden.

Die im Abschnitt 3.3 **Zu berücksichtigende Einflüsse** dargestellten Werte kann man wie folgt strukturieren.

1. Munition - Auswahl Munitionssorte und Eingabe der Anfangsgeschwindigkeit des Munitionsloses
2. Umwelt - Temperatureingabe, Eingabe der Höhe üNN und Eingabe der Winddaten (Stärke und Richtung)
3. Rechnung - Entfernungseingabe und Eingabe des Schusswinkels, Ausgabe der Ergebnisse und zusätzlich
4. Info - Bedienungs- und Versionshinweise

Dies kann in der Oberfläche als jeweils eine Bedienseite umgesetzt werden.

Die Abbildung 4.1 zeigt den Entwurf einer entsprechenden Oberfläche.

10 Betriebssysteme, z.B. Windowsversionen, Linux, Unix

11 z.B. Sharp Zaurus-Versionen, Linux/ Java

12 <http://www.netbeans.org/>

13 <http://java.sun.com/>

14 Stand 04/2005

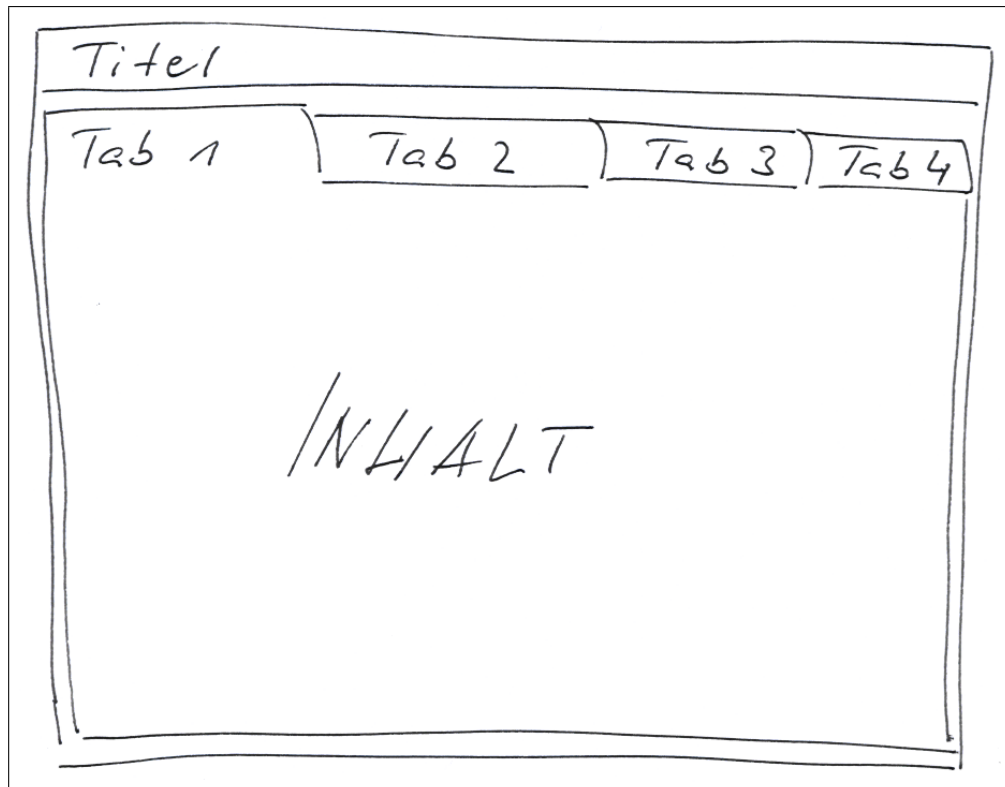


Abbildung 4.1: Entwurf der Benutzerschnittstelle

Die Abbildung 4.2 zeigt die Umsetzung für die Seite Rechnung. Die Oberfläche konnte mit dem GUI¹⁵ - Tool der NetBeans IDE schnell umgesetzt und mit der entsprechenden Funktionalität versehen werden.

¹⁵ GUI,engl.:Graphical User Interface



Abbildung 4.2: Die Seite Rechnung

4.2 Grundlagen für die Berechnungen

Den Berechnungen des Programms liegen die im Internet veröffentlichten Ausführungen von Herrn Lutz Möller¹⁶ zu Grunde.

Diese wurden ergänzt durch Informationen von Herrn Prof. Dipl.-Ing. Höcherl vom Institut für Ballistik im Fachbereich Maschinenbau der Universität der Bundeswehr München. Dies gilt insbesondere für die Ergänzung des Korrekturgliedes $\theta \left(\frac{v(x)}{v_0} \right)$ für die Berechnung des Fallweges $s(t)$.

4.2.1 Grundlegende ballistische Betrachtungen

Beim zu betrachtenden Fall handelt es sich ausschließlich um ein außenballistisches Problem, das heißt, um den Flug des Geschosses nach Verlassen des Rohrs. Die Vorgänge in der Waffe werden als gegeben angenommen und beeinflussen die Betrachtungen nur insofern die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses Einfluss in die Berechnungen findet. Damit sind alle nicht außenballistischen Einflüsse der Problemstellung hinreichend berücksichtigt.

Nach Möller werden folgende Formeln zum Beschreiben der wichtigsten Elemente der Flugbahn verwendet:

¹⁶ <http://home.snafu.de/l.moeller/Weite-Schuesse/Weite-Schuesse-1.htm>

Verzögerungsbeiwert β mit Einfluss der Höhe üNN h :

$$\beta = 91,65 * bc * \sqrt{v_0} * e^{\frac{h}{9648}} \quad (1)$$

Flugzeit $t_{(x)}$:

$$t_{(x)} = \frac{1}{1-n} * \frac{\beta}{v_0} * \left[\left(1 - n * \frac{x}{\beta} \right)^{1-\frac{1}{n}} - 1 \right] \quad (2)$$

Momentangeschwindigkeit $v_{(x)}$:

$$v_{(x)} = v_0 * \left(1 - n * \frac{x}{\beta} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

Korrekturglied $\theta\left(\frac{v_{(x)}}{v_0}\right)$:

$$\theta\left(\frac{v_{(x)}}{v_0}\right) = -0,1187 * \left(\frac{v_{(x)}}{v_0}\right)^2 + 0,5629 * \frac{v_{(x)}}{v_0} + 0,5555 \quad (4)$$

Fallweg $s_{(t)}$:

$$s_{(t)} = \frac{1}{2} * g * t_{(x)}^2 * \theta\left(\frac{v_{(x)}}{v_0}\right) \quad (5)$$

Winddrift $w_{(x)}$:

$$w_{(x)} = \frac{v_w}{2 * v_0} * \frac{x}{\frac{\beta}{x} - \frac{(n+1)}{3}} \quad (6)$$

Dabei sind:

- n = Bahnexponent¹⁷,
- g = die Erdbeschleunigung¹⁸,
- x = die gemessene Entfernung zum Ziel,
- v_w = die Windgeschwindigkeit,
- bc = der Ballistische Koeffizient,
- v_0 = die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses.

4.2.2 Weitere ballistische Betrachtungen

Im Abschnitt 4.2.1 **Grundlegende ballistische Betrachtungen** sind die grundlegenden Formeln dargestellt. Im Folgenden sollen einige Aspekte zur Ermittlung der genauen Schusswerte näher betrachtet werden.

¹⁷ nach Peijsa und D'ANTONIO 0,5

¹⁸ Normerdbeschleunigung mit $9,80665 \frac{m}{s^2}$

4.2.2.1 Winkelschuss

Die Formeln im Abschnitt 4.2.1 beschreiben den Schuss geradeaus mit einem hinreichend kleinen Winkel in der Erhöhung. Im Gebirge und auch in größeren Städten besteht allerdings der Bedarf auch bergab und bergauf, bzw. von einem Gebäude nach unten oder an einem Gebäude nach oben sicher zu schießen.

Die oben aufgeführten Formeln beschreiben unter anderem den Einfluss der Erdbeschleunigung auf das Geschoss. Fliegt das Geschoss horizontal, kann man davon ausgehen, dass die Erdbeschleunigung komplett auf den Masseschwerpunkt des Geschosses wirkt. In diesem Fall hat sie ihren größten Einfluss auf den Flug des Geschosses. Ändert sich der Abgangswinkel, reduziert sich die auf das Geschoss wirkende Resultierende der Erdbeschleunigung. Das heißt, die Flugbahn wird sich strecken. Dies hätte einen Hochschuss zur Folge. Diese Beziehung gilt in gleichem Maße für das Schießen nach oben als auch nach unten.

Um diesen Hochschuss auszugleichen, kann man folgende Beziehung ansetzen. Die gemessene Entfernung wird auf die Horizontalentfernung zum Ziel reduziert. Diese reduzierte Entfernung stellt dann die Entfernung dar, auf welcher die Berechnungen für die Flugbahn basieren.

Diese reduzierte Entfernung kann man bei bekanntem Winkel α wie folgt ermitteln:

$$x_{(n)} = \cos(\alpha) * x \quad (7)$$

Dieser Ausdruck beschreibt das Verhältnis von Ankathete ($x_{(n)}$)¹⁹ zu Hypotenuse x im rechtwinkligen Dreieck. Ist der Winkel 0° bleibt die Entfernung gleich, da $\cos(\alpha) = 1$, wenn $\alpha = 0$.

Soll nun der Winkel zum Ziel Berücksichtigung in der Berechnung der Einstellungen finden, muss nur diese Beziehung bei der Festlegung der Entfernung für die weiteren Berechnungen angewandt werden.

4.2.2.2 Windeinfluss

Der Wind findet Einfluss in die Rechnung über seine Stärke und seine Richtung. Die Berechnung der Winddrift $w_{(x)}$ wurde schon im Abschnitt 4.2.1 in (6) dargestellt.

Für alle weiteren Betrachtungen soll die Schussrichtung die 12 Uhr Richtung auf dem Ziffernblatt der Uhr sein. So kann die Windrichtung mit den Stundenangaben des Ziffernblattes immer in Bezug zur Schussrichtung dargestellt werden.

Der Wind beeinflusst das Geschoss nur zu 100%, wenn er im Winkel von 90° auf die Flugbahn des Geschosses angreift. Das ist nur der Fall, wenn er aus 3 Uhr und 9 Uhr kommt. Alle anderen Richtungen beeinflussen den Wind in folgendem Maße:

- 1,5,7,11 Uhr zu 50%,
- 2,4,8,10 Uhr zu 87,5% ,

¹⁹ $x_{(n)}$: umgerechnete Entfernung für die folgenden Berechnungen in Abhängigkeit von α

- 12,6 Uhr zu 0%.

Das heißt, die zunächst errechnete Winddrift muss für die oben aufgeführten Windrichtung entsprechend umgerechnet werden²⁰.

4.2.2.3 Höhe üNN

Die Höhe üNN kann mit dem Faktor $e^{\frac{h}{9648}}$ ²¹ bei der Errechnung des aktuellen Verzögerungsbeiwertes β eingerechnet werden. Da β in alle Rechnungen einfließt, ist über die Berechnung des Verzögerungsbeiwertes die Höhe üNN berücksichtigt.

Die Entfernungseinstellung reduziert sich so mit zunehmender Höhe, da der Luftwiderstand auf das Geschoss durch die geringere Luftdichte abnimmt. Dies ergibt sich aus der entsprechenden Reduzierung des Fallweges, das heißt, die Flugbahn wird gestreckter.

Auch die Winddrift ändert sich mit zunehmender Höhe üNN. Da hier die auf das Geschoss wirkende Kraft bei gleicher Windgeschwindigkeit durch die niedrigere Luftdichte abnimmt, verringert sich auch die Winddrift bei gleicher Entfernung.

4.2.2.4 Temperatur

Der Einfluss der Temperatur wurde noch nicht implementiert.

4.2.2.5 ZF-Einstellung für die Entfernung

Die Verstellung des ZF erfolgt in Klick. Da das ZF einen Verstellweg von 1,5cm für 1 Klick auf 100m Entfernung hat, kann man den Verstellweg für die gemessene Schussentfernung über die Beziehung:

$$y = \frac{x * 1,5}{100} \quad (8)$$

ermitteln.

Mit $s_{(x)}/y$ lässt sich dann die Klickanzahl für die Höhenverstellung ermitteln.

Zu berücksichtigen ist, dass die Waffen gem. HDv 216/721 Nr. 246-251 auf 100 m Fleck angeschossen werden, das heißt, dass das Gewehr mit der Grundeinstellung 0 Klick auf 100 m genau den Haltepunkt trifft. Damit können die ermittelten Werte nicht direkt genutzt werden. Die zuvor dargestellten Berechnungen gehen von einer Fallwegberechnung ab Verlassen der Mündung des Rohres aus. Da aber die Waffe wie beschrieben auf 100 m eingeschossen wurde, ist der Fallweg bis 100 m schon ausgeglichen. Dies wird durch Abzug der Klicks, welche sich theoretisch für 100 m Entfernung ergeben würden, ausgeglichen.

²⁰ siehe auch (HorusVison 2002, S.13)

²¹ Exponentialgesetz für die Änderung des Luftdruckes mit zunehmender Höhe üNN

4.2.2.6 ZF-Einstellung für die Seite

Die Errechnung der Seiteneinstellung erfolgt genau wie die im vorherigen Abschnitt dargestellte Berechnung der Entfernungseinstellung. Als zusätzlicher Wert ist hier nur die Richtung der Verstellung zu ergänzen. Diese kann leicht über die Windrichtung ermittelt werden. Kommt der Wind aus 1-5 Uhr, muss die Verstellung nach **Rechts** erfolgen. Kommt der Wind aus 7-11 Uhr, muss die Verstellung nach **Links** erfolgen.

4.2.2.7 Der Ballistische Koeffizient

Der Ballistische Koeffizient bc wurde aus Schusstafelwerten der HDv 216/721, Anlage 4/2 mit Hilfe des Onlinerechners von Herrn Lutz Möller²² berechnet. Dieser ist damit zunächst nur für das Geschoss der Patrone DM 121 VM mit einer $v_0 = 895m/s$ zutreffend. Das Programm verwendet derzeit den Wert $bc = 0.595$.

4.3 Programmablauf

Im Folgenden soll der interne Ablauf des Programms kurz dargestellt werden. Der Quellcode befindet sich auf der beiliegenden CD im Verzeichnis:

`/g22/programm/g22/src.`

Die Dokumentation zum Quelltext befindet sich im Verzeichnis:

`/g22/programm/g22/dist/javadoc/index.html.`

Das Programm startet zunächst mit der Anzeige der Seite „Rechnung“. Nach Eingabe aller Daten auf den anderen Seiten kehrt der Benutzer wieder auf die Seite „Rechnung“ zurück. Dort kann er das Erfassen der notwendigen Werte mit Eingabe der Entfernung und des Schusswinkels abschließen.

Nach Eingabe dieser beiden letzten Daten kann die Berechnung der Schusswerte entweder durch Abschluss der Eingaben mit der Bestätigungstaste, oder durch Betätigen des Rechnen-Buttons angestoßen werden.

4.3.1 Auslesen der Daten der Eingabefelder

Als ersten Schritt liest das Programm alle Eingabedaten ein und speichert diese in Variablen zwischen. Außer das Eingabefeld für die Entfernung enthalten alle Eingabefelder für den Benutzer sichtbare Vorgabedaten. Diese müssen nur bei Bedarf geändert werden. Wird keine Änderung vorgenommen, so fließen sie mit den sichtbaren Werten in die Berechnungen ein. Einen Beispielfall zeigt der Abschnitt **A.7 Gesamtbeispiel**.

4.3.2 Berechnungsschritte

Den eigentlichen Ablauf des Programms mit den verschiedenen Schritten und deren logischer Verknüpfung zeigt die Abbildung 4.3.

²² <http://home.snafu.de/1.moeller/Ballistik/Aussenballistik.html>

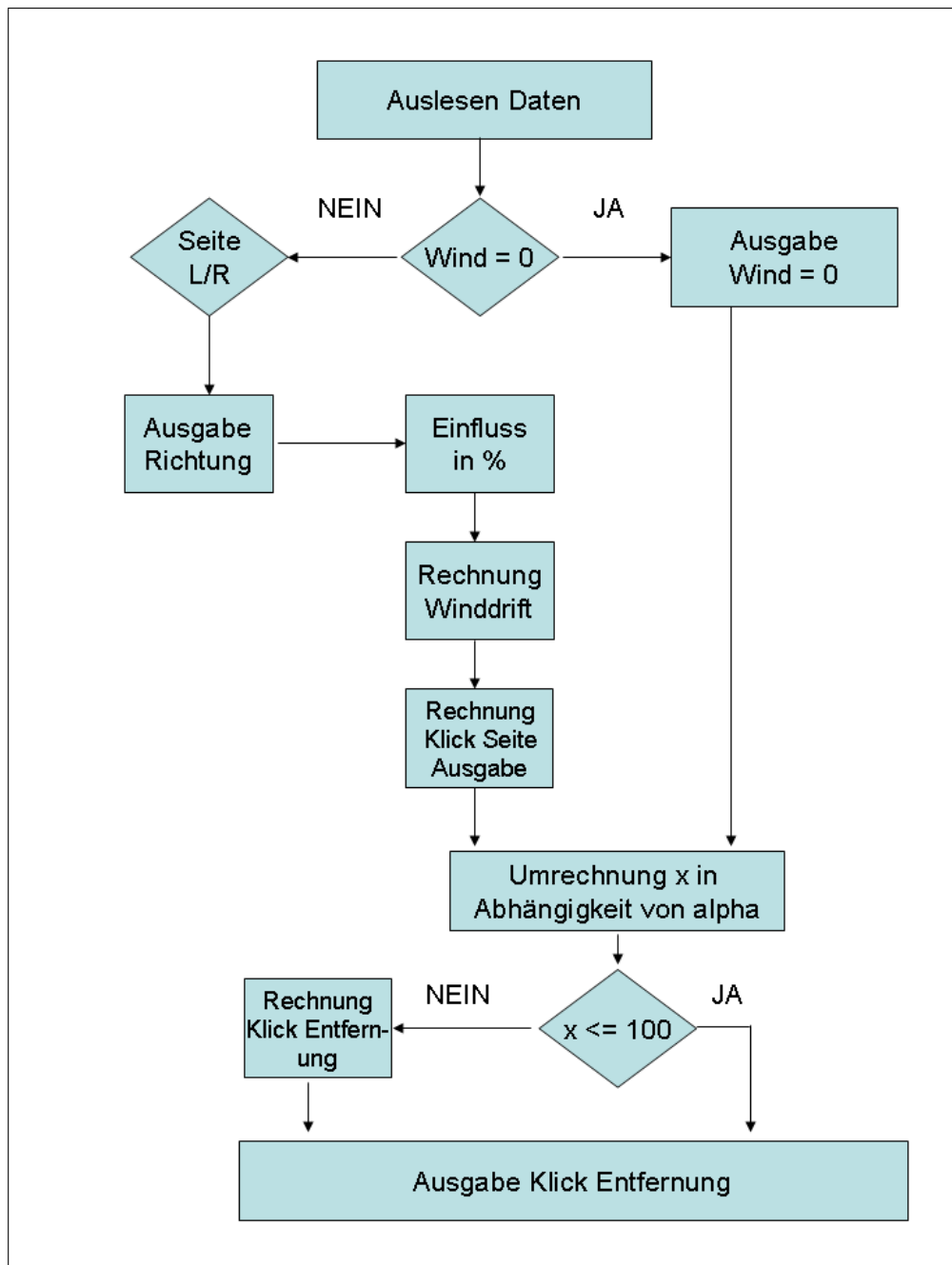


Abbildung 4.3: Programmablaufschemata

4.4 Zusammenfassung

Die programmiertechnische Implementierung des hier vorgestellten Beispielprogramms zeigte sich als recht unproblematisch.

Viel mehr Zeit musste in die Grundlagen der Ballistik investiert werden, um brauchbare Ergebnisse zu erreichen. Die im Programm benutzten Erkenntnisse sind allerdings sicher noch zu optimieren.

Die Kenntniss der Arbeit der Scharfschützentrupps und der derzeitigen Vorschriften erwies sich als sehr hilfreich. Das ermöglichte die genaue Eingrenzung des Problems

und die Konzentration auf das für den erfolgreichen Schuss wesentliche Ergebnis.

5 Test

5.1 Vergleich mit vorhandenen Daten

Als Datenvergleichsbasis wurden im wesentlichen die eigenen Schußwerte des Autors, sowie die Werte aus den vorhandenen Schusstafeln der HDv 216/721 zu Grunde gelegt.

Der Vergleich ergibt insbesondere im Bezug auf die Vorschrift Abweichungen ab Entfernungen von 800 m. Diese in dem Entfernungsbereich ermittelten Werte bestätigen wiederum teilweise die gemachten Erfahrungen des Autors.

5.2 Erprobung

Zum Nachweis der Funktion sollte das Programm in der derzeit vorhandenen Version auf Entfernungen bis 1000 m im scharfen Schuss getestet werden.

Die beste Möglichkeit dazu bestünde für den Autor aktuell im Rahmen des Lehrgangs „Einsatz des Scharfschützen im Hochgebirge“. Dieser Lehrgang ermittelt zu Lehrgangsbeginn auf dem TrÜbPI LIZUM/ WALCHEN auf einer Höhe üNN von ca. 2100m die Schußwerte für die verschiedenen Entfernungen zw. 300 - 1000 m in 100 m Schritten. Das soll den Scharfschützen die Möglichkeit geben, ihre bisher erschossenen Werte mit denen in der Höhe zu vergleichen. Der nächste Schritt ist dann das Schießen bergauf und bergab.

Dazu wäre es sinnvoll, einen Trupp mit Hilfe des Programms arbeiten zu lassen, um zu prüfen, ob sich Vorteile im Bezug auf Geschwindigkeit und Präzision gegenüber den anderen Trupps erkennen lassen.

Nach solch einem Schießen lassen sich dann genauere Aussagen über den möglichen Nutzen, noch vorhandene Mängel und Weiterentwicklungsmöglichkeiten treffen.

Die angesprochene Reduzierung der erforderlichen Mittel zum Errechnen der Schusswerte für den Trupp lassen sich bei derzeitigem Entwicklungsstand noch nicht nachweisen.

5.3 Probleme

Da der Rechner auf einem elektrischem Gerät betrieben werden muss, wird als einziges Problem im Augenblick der Faktor Energieversorgung gesehen. Die Energieversorgung muss unabhängig vom verwendeten Gerät gesichert sein. Dabei sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Verwendung schon benutzter Batterien/ Akkus,
- eventuell Ladegerät mitführen²³,
- die Leistungsaufnahme des verwendeten Gerätes gering halten²⁴,
- eventuell Integration/ Portierung des Rechners in/ auf schon vorhandene Hardware²⁵.

²³ bei heutigem Stand der Technik flexible Solarpads

²⁴ ev. monochromer PDA

²⁵ IdZ-PDA, Leica Vector, Windmesser, digitale Kommunikationsmittel

6 Weiterentwicklungsmöglichkeiten

Im Folgenden sollen einige Weiterentwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, welche auch ohne Test beim derzeitigen Entwicklungsstand absehbar sind.

6.1 Verbessern der ballistischen Grundlagen

Zur Verbesserung der ballistischen Grundlagen trägt insbesondere das genaue Ermitteln der ballistischen Koeffizienten nach der Methode Möller für beide Munitionssorten entscheidend bei.

Die Temperatur sollte in späteren Versionen bei den Berechnungen berücksichtigt werden.

Es sind sicher andere präzisere Beschreibungen der Flugbahn als die bisher benutzten verfügbar. Diese könnten in eine 2. Version mit gleichem Funktionsumfang integriert und in einer nächsten Testreihe miteinander verglichen werden.

Ein solcher Ansatz wären die von Prof. Dipl.-Ing. Höcherl gelieferten Gleichungen, welche den Ballistischen Koeffizienten nach D'ANTONIO auf einem anderem Weg berücksichtigen.

Eine weitere Möglichkeit bestünde in der Integration über die gesamte Flugbahn. Die Genauigkeitsunterschiede ließen sich dann allerdings nur in vergleichenden Testreihen von verschiedenen Programmversionen ermitteln. In Anbetracht der zu erwartenden Schützenfehler sollten die international anerkannten nicht integrativen Verfahren eine hinreichende Genauigkeit für das betrachtete Problem liefern.

Ein anderer wesentlicher Punkt ist sicherlich die möglichst genaue Ermittlung der äußeren Einflüsse. Dies betrifft insbesondere den Wind, welcher derzeit nur in der Stellung gemessen werden kann.

6.2 Ergänzen von Funktionen

Als zu ergänzende Funktion käme z.B. das Erfassen der Werte für einzelne Schützen und Waffen in Frage. So könnten z.B. die errechneten Werte als Treffer oder Fehlschuss gekennzeichnet werden. Der Treffer wird für die vorher eingegebene Schütze/Waffe-Kombination abgespeichert. Die erfolgreichen Korrekturwerte des Beobachters könnten zusätzlich als Treffer abgespeichert werden und später durch den Rechner im Vergleich zu seinen Berechnungen automatisch mit herangezogen werden. So besteht die Möglichkeit, die Präzision des Rechners mit den Erfahrungen des Schützen zu kombinieren. Dabei sollte für die Teams beim Wechsel auf den Rechner auch die Möglichkeit bestehen ihre bisherigen Werte erfassen zu können.

Eventuell kann auch die schon vorhandene Version Gewehr G22 A1 berücksichtigt werden oder als eigenständige Version²⁶ realisiert werden.

²⁶ Begrenzung des Umfangs der Software

6.3 Portierung auf tragbare Geräte

Ein sicherlich entscheidender Schritt ist die Portierung auf tatsächlich tragbare Geräte. Das könnte der IdZ-PDA sein oder auch ein Java-fähiges Handy. Damit lässt sich dann die Reduzierung der im Trupp erforderlichen Mittel zum Ermitteln der Schusswerte umsetzen. Auch könnten so die Bewegungen in der Stellung des Trupps deutlich reduziert werden, was die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Trupps minimieren hilft.

7 Einsatz bei den Scharfschützentrupps G22

Aus den Abschnitten **5.3 Probleme** und **6.3 Portierung auf tragbare Geräte** gehen die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten schon hervor. Sie sollen hier noch einmal explizit dargestellt werden.

1. Einsatz auf einem PDA, 1 x pro Trupp,
2. Einsatz auf dem IdZ-PDA, sollte auch ohne Trageweste möglich sein, eventuell kann die vom Vector gemessene Entfernung und der gemessene Winkel schon eingelesen werden,
3. Einsatz auf schon vorhandener Hardware durch Integration in die vorhandene Software, z.B. Leica Vector,
4. Integration in eine neue Hardware, welche alle Elemente der Datenermittlung und Berechnung und eventuell das Einstellen des Zielmittels übernimmt.

8 Zusammenfassung

Das Programm soll dem Scharfschützentrupp das Arbeiten erleichtern. Insbesondere in den Punkten:

- Geschwindigkeit,
- Genauigkeit,
- Verringerung der notwendigen Materialien in der Stellung und
- Verringerung der Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Trupps

soll der Trupp in die Lage versetzt werden seinen Auftrag besser als bisher erfüllen zu können.

Die Wahrscheinlichkeit des Erstschusstreffers sollte erheblich gesteigert werden können, denn insbesondere unter den heute vorherrschenden Einsatzszenarien ist es kaum noch möglich, einen zweiten Schuss anzubringen.

Das Weiterentwicklungspotential ist sehr groß und ein gewaltiger Sprung im Bereich des effektiven Einsatzes der Scharfschützentrupps erscheint möglich.

Das Dokument zeigt eine Möglichkeit auf, wie mit relativ geringen Mitteln die Ausrüstung der Scharfschützentrupps entscheidend verbessert werden kann. Mit professioneller Entwicklung sollte eine Verbesserung und Integration, wie im Abschnitt **6 Weiterentwicklungsmöglichkeiten** und Abschnitt **7 Einsatz bei den Scharfschützentrupps G22** vorgeschlagen, ohne Probleme möglich sein.

A Bedienungsanleitung

A.1 Voraussetzungen

Vorraussetzung zum Benutzen des Programms ist eine Java-Installation in der Version 1.5. Ist diese nicht vorhanden kann sie unter <http://java.sun.com/> heruntergeladen und dann installiert werden.

A.2 Installation des Programms

Zur „Installation“ muss nur das ausführbare Java-Archiv auf den Rechner kopiert werden. Dieses befindet sich im Verzeichnis:

J:/g22/programm/g22/dist

auf der beiliegenden CD.

A.3 Start

Das Archiv ist mit einem Doppelklick mit der Maus aktivierbar.

Das Archiv kann auch auf der Konsole mit dem Befehl:

```
java -cp g22.jar g22.Main,
```

im Verzeichnis, in welches das Java-Archiv kopiert wurde, gestartet werden.

A.4 Info

Die Abbildung [A.1](#) zeigt die Info-Seite des Programms. Diese enthält die Beschreibung der einzugebenden Daten und der Ausgabedaten. Ebenso gibt es Versions- und Autorenhinweise.

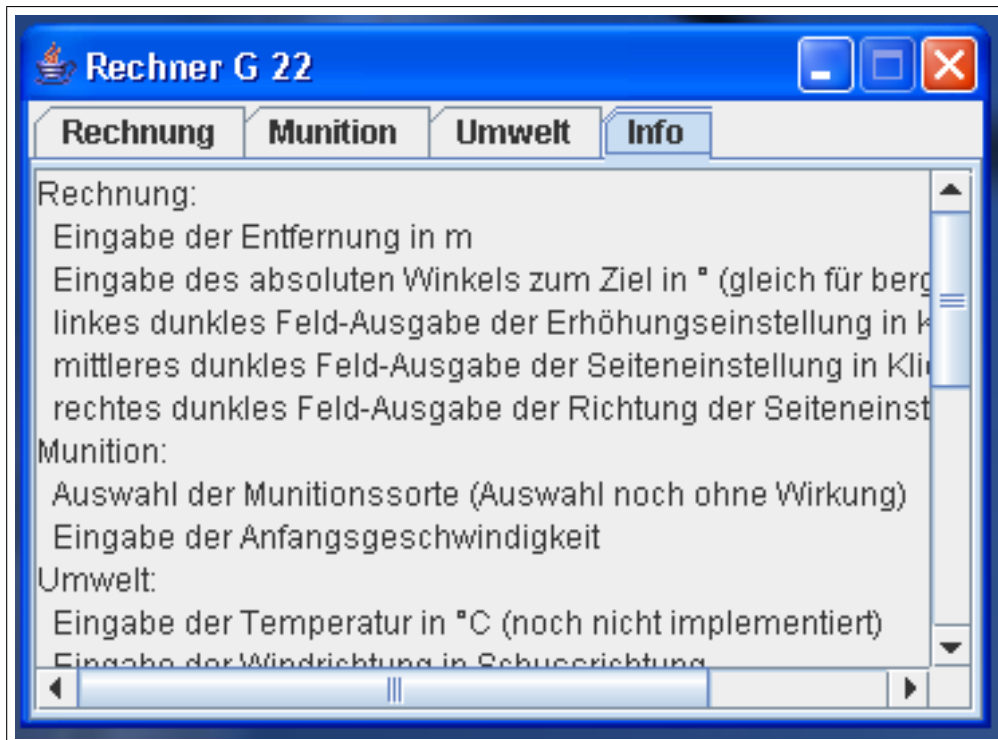


Abbildung A.1: Info-Seite des Programms

A.5 Grunddaten erfassen

Die Abbildungen A.2 - A.3 zeigen die Erfassung der Grunddaten auf den Seiten Munition und Umwelt.

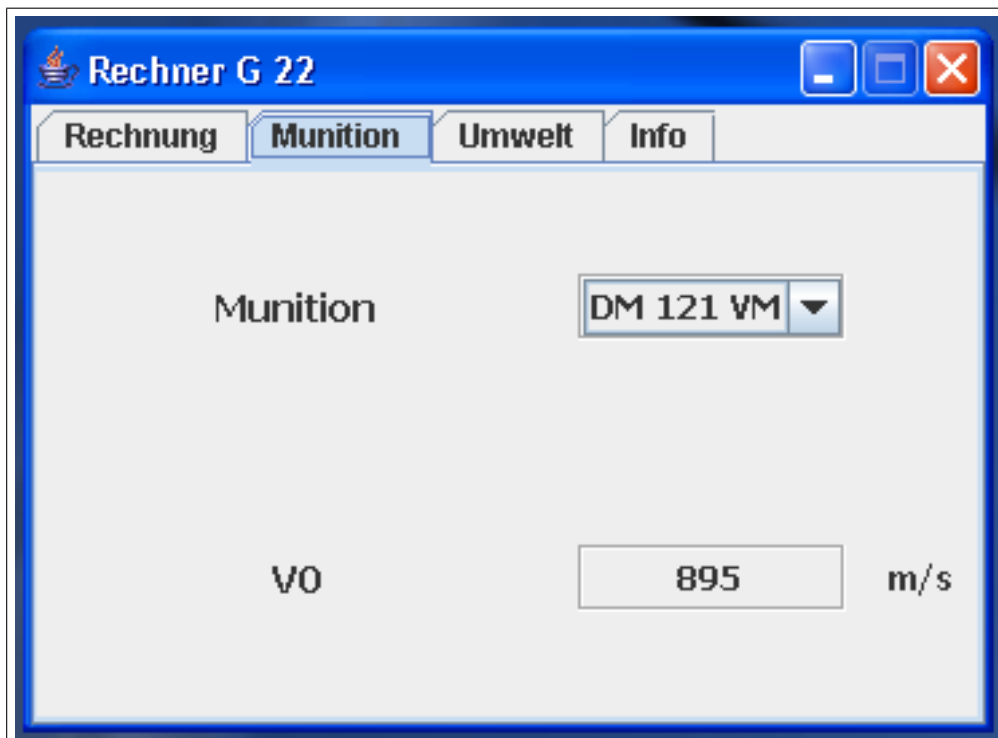



Abbildung A.2: Munition-Seite des Programms



Abbildung A.3: Umwelt-Seite des Programms

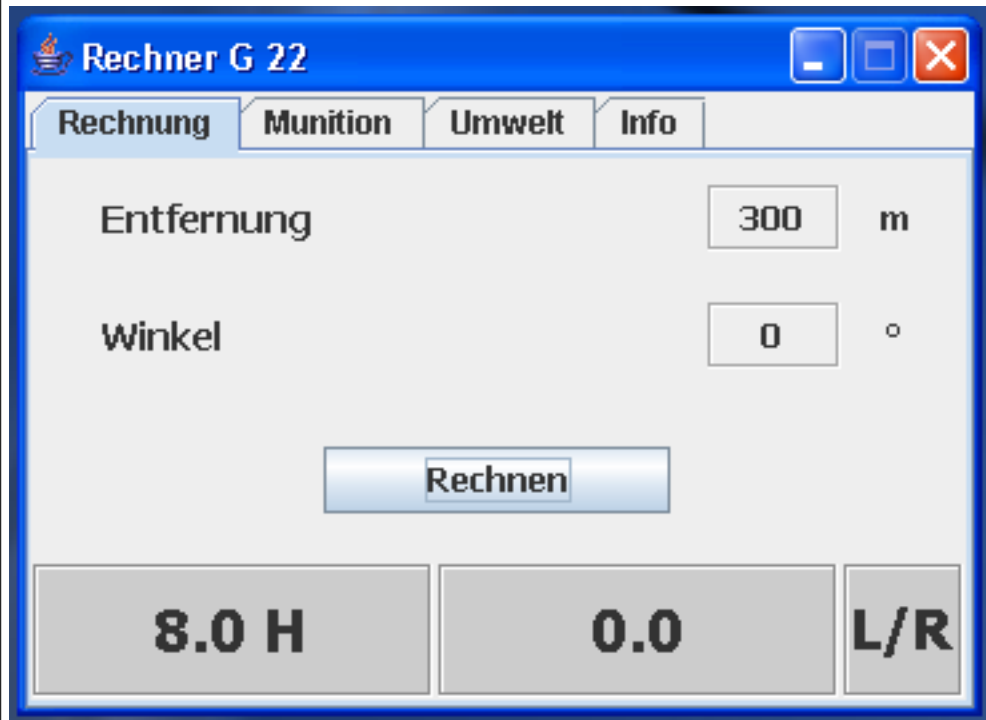
A.6 Rechnung durchführen

Die Abbildungen A.4 - A.5 zeigen das Erfassen der Schussentfernung und des Schusswinkels mit der dazugehörigen Änderung der Anzeige der Ausgabedaten.



The screenshot shows a software window titled "Rechner G 22" with a blue header bar. Below the header are four tabs: "Rechnung" (selected), "Munition", "Umwelt", and "Info". The main area contains two input fields: "Entfernung" with the value "300" and unit "m", and "Winkel" with the value "0" and unit "°". A "Rechnen" button is centered below these fields. At the bottom, there are three large grey buttons: the left one is empty, the middle one is empty, and the right one contains "L/R".

Abbildung A.4: Erfassen von Entfernung und Winkel



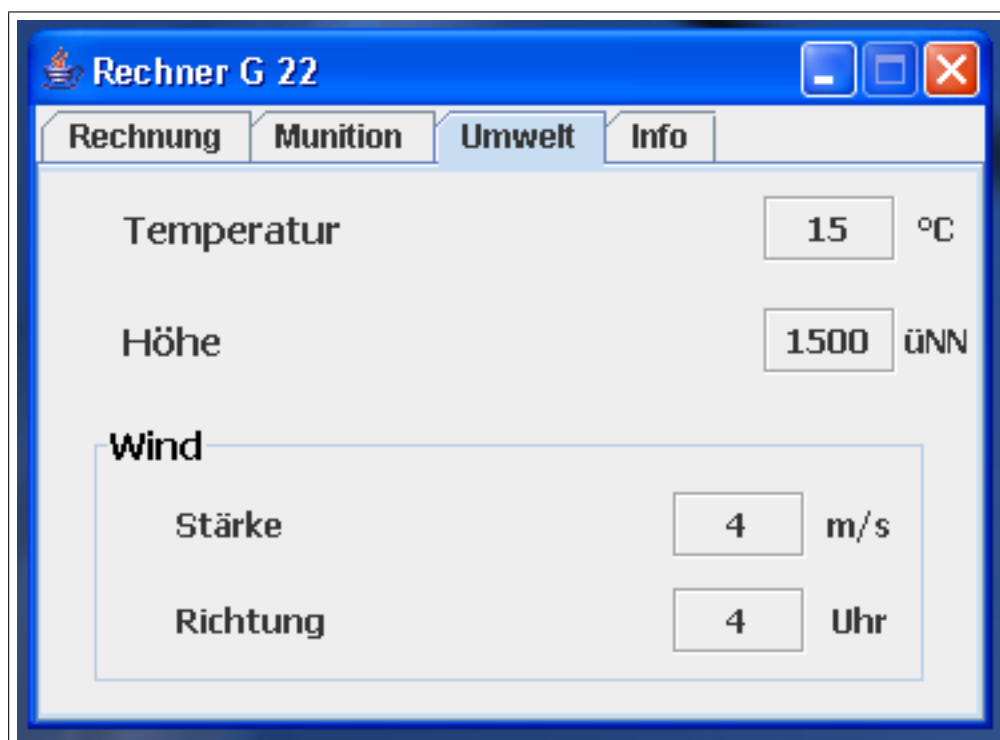
The screenshot shows the same software window "Rechner G 22" with the same tabs. The input fields for "Entfernung" and "Winkel" now show the values "300" and "0" respectively. The "Rechnen" button is still present. At the bottom, the three large grey buttons now display the results: "8.0 H", "0.0", and "L/R".

Abbildung A.5: Ergebnis

A.7 Gesamtbeispiel

Die Abbildungen A.6 - A.8 zeigen die Bedienung für folgendes Beispiel:

- Temperatur: 15°C
- Höhe üNN: 1500 m
- Windstärke: 4 m/s
- Windrichtung: 4 Uhr
- Munition: DM 121 VM
- Anfangsgeschwindigkeit: 899 m/s
- Entfernung: 789 m
- Winkel: 13°



The screenshot shows a software window titled "Rechner G 22" with a blue header bar. Below the header are four tabs: "Rechnung", "Munition", "Umwelt", and "Info". The "Umwelt" tab is selected. The interface contains several input fields for environmental data:

- Temperatur:** A text label followed by a text box containing "15" and the unit "°C".
- Höhe:** A text label followed by a text box containing "1500" and the unit "üNN".
- Wind:** A sub-section header followed by a large rectangular frame containing:
 - Stärke:** A text label followed by a text box containing "4" and the unit "m/s".
 - Richtung:** A text label followed by a text box containing "4" and the unit "Uhr".

Abbildung A.6: Umweltdaten eingeben

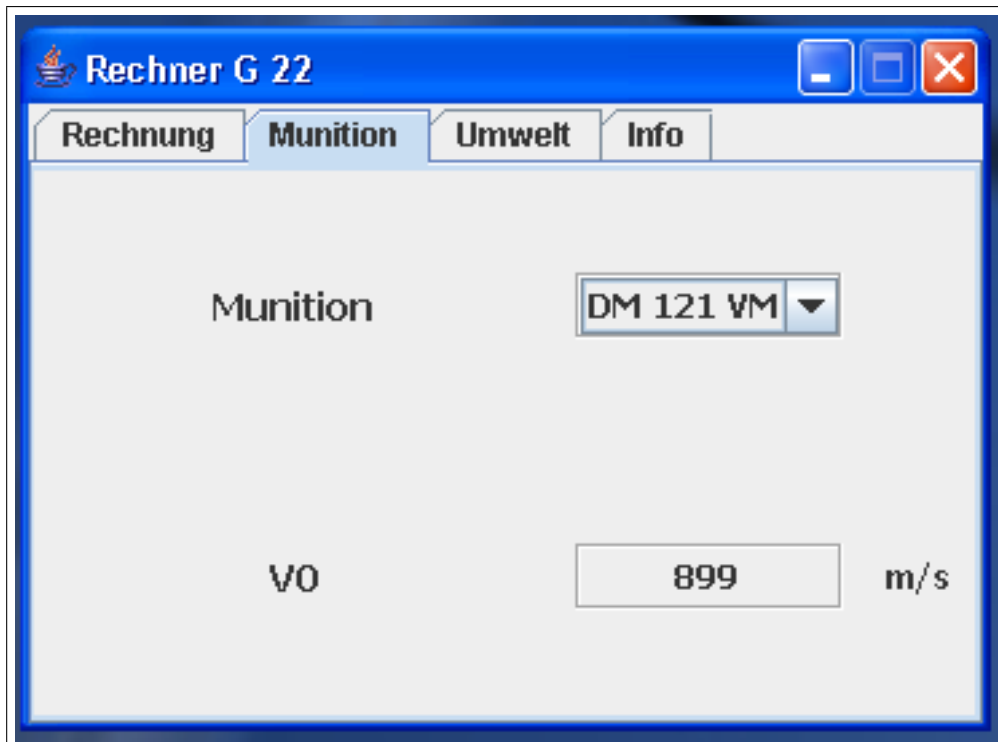


Abbildung A.7: Munitionsdaten erfassen

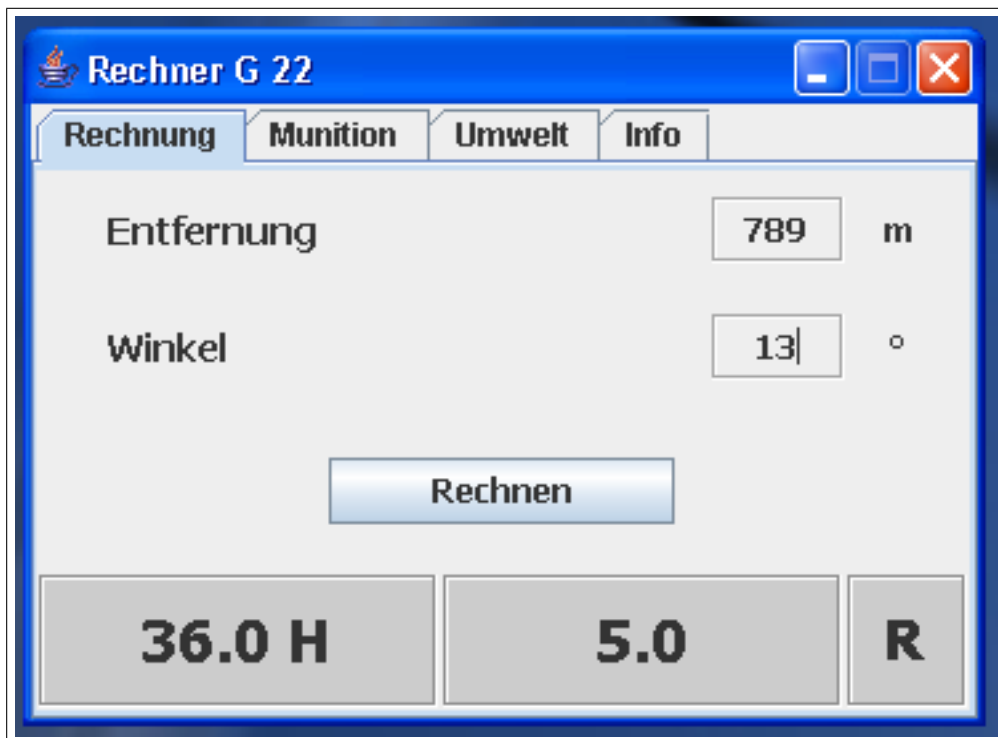


Abbildung A.8: Entfernung und Winkel eingeben, Rechnen lassen, Anzeige Ergebnis

A.8 Gefechtsbeispiel

Für ein neues Ziel im laufenden Gefecht muss nun der Beobachter nur die neu ermittelten Werte für Entfernung und Winkel erfassen und hat sofort die Einstellwerte für das ZF verfügbar.

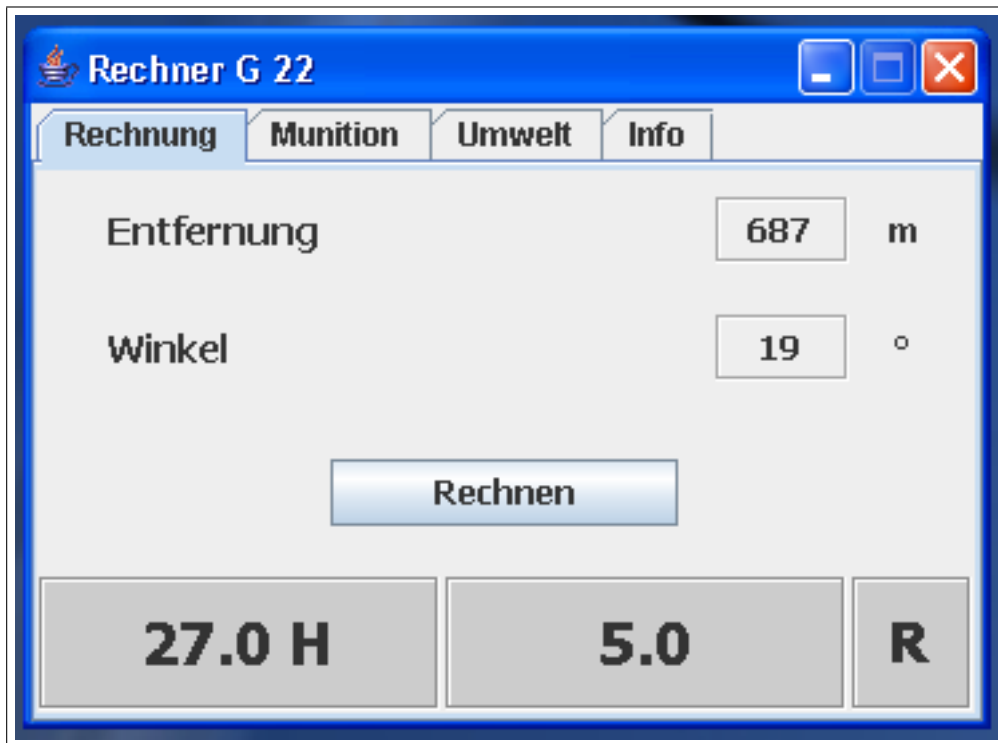


Abbildung A.9: Neues Ziel

A.9 Zusammenfassung

Die Bedienungsanleitung zeigt anhand des Beispielprogramms, wie unkompliziert die Bedienung sein kann und aber auch muss. Eine Benutzung sollte auch ohne Einweisung möglich sein. Dies wird insbesondere durch die Abgrenzung der Problemstellung möglich.

Ich schlage daher auch eine Trennung von gleichen oder ähnlichen Programmen für andere Waffen vor. Das heißt, jedes Programm sollte nur für eine Waffe - Zielmittelkombination arbeiten.

B Literatur

- [Heeresamt 1999] HEERESAMT: *ZDv 3/132 Das Scharfschützengewehr G22*. Köln : Heeresamt II 4, 1999
- [Heeresamt 2003] HEERESAMT: *HDv 216/721 Der Scharfschütze*. Köln : Streitkräfteamt IV 3 - Gruppe Dienstvorschriften, 2003
- [HorusVison 2002] HORUS VISON: *Using TRAG 1S5 Ballistik Software*. 2002. – 7. Auflage 13
- [Möller] MÖLLER, Lutz: *Weite Schüsse*. – <http://home.snafu.de/l.moeller/Weite-Schuesse/Weite-Schuesse-1.htm>
- [Oerlikon 1956] OERLIKON: *Oerlikon Taschenbuch*. 1. Auflage. Zürich : P. Leuenberger, 1956