

# 70 Jahre Rechner Zuse Z3

## Nachbau der Z3

durch

Horst Zuse

Schaperstraße 21  
10719 Berlin  
Germany

Phone: +49-30-881 59 88  
Mobil: 0172 304 2063

E-mail: [horst.zuse@t-online.de](mailto:horst.zuse@t-online.de)  
Internet: [www.zuse.de](http://www.zuse.de)  
Internet-Z3: <http://www.z3-computer.de>

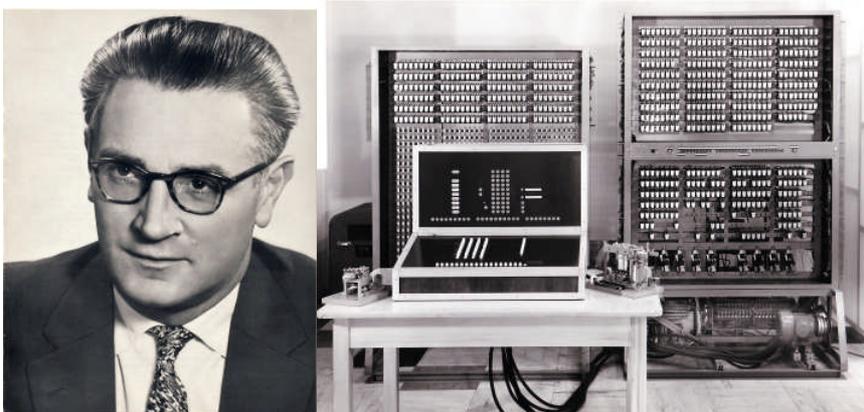
3. September 2011

## Einleitung

Konrad Zuse (22.6.1910-18.12.1995) wird heutzutage fast einhellig als der Konstrukteur des ersten funktionsfähigen programmgesteuerten Rechners mit Boolescher Logik und binären Gleitkommazahlen anerkannt. Diese Maschine Z3 stellte er am 12. Mai 1941 Wissenschaftlern in seiner Werkstatt in der Methfesselstraße 7 in Berlin Kreuzberg vor. Konrad Zuse baute damit den Prototypen des heutigen modernen Computers<sup>1</sup> und leitete damit unbemerkt von der Öffentlichkeit das Zeitalter des Computers ein. Dies ist nun 70 Jahre her.

Professor F.L. Bauer, emeritierter Professor der TU-München, schreibt über Konrad Zuse 1998: *Schöpfer der ersten vollautomatischen, programmgesteuerten und frei programmierbaren, in binärer Gleitpunktrechnung arbeitenden Rechenanlage. Sie (die Rechenanlage Z3) war 1941 betriebsfähig. So oder so ähnlich wird man einmal schreiben müssen, wenn Konrad Zuses Büste in der Walhalla neben denen von Gregor Mendels und Wilhelm Conrad Roentgens - um nur zwei zu nennen, denen zuletzt diese Ehre zuteil wurde - aufgestellt wird.*

Die Original-Rechenmaschine Z3 wurde am 21. Dezember 1943 durch einen Bombenangriff auf die Methfesselstraße 7 und 10 in Berlin-Kreuzberg zerstört. Dabei wurden durch Brandbomben sämtliche Unterlagen und Fotos vernichtet. Der erste Nachbau der Maschine Z3 wurde im Jahr 1961 von der Zuse KG in Bad Hersfeld erstellt.



Links: Konrad Zuse um 1950. Rechts: Nachbau der Maschine Z3 im Auftrag von Konrad Zuse (1961). Dieser Nachbau ist weitestgehend funktionsfähig, es fehlt aber der zweite Speicherschrank und die Größe entspricht nicht Originalgröße (Siehe dazu unten die Zeichnung der Z3).

Die Z3 wurde 1967 im Deutschen Pavillon der Weltausstellung in Montreal ausgestellt. Heute steht dieser Nachbau im Deutschen Museum in München. Ein weiterer Nachbau wurde anlässlich des 60-jährigen Jubiläums der Maschine Z3 im Jahr 2001 vorgestellt. Dieser Nachbau, der auf dem Workshop am 11. Mai 2001 in Berlin der Presse demonstriert wurde, war ein Projekt unter der Leitung von Prof. Dr. Raul Rojas (FU-Berlin) und Prof. Dr. Horst Zuse (TU-Berlin). Dieser Nachbau steht heute im Konrad-Zuse-Museum in Hünfeld und ist weitestgehend funktionsfähig, aber viele Funktionen werden durch einen PC mit Software realisiert, die Größe der beiden Schränke ist etwa 60cm x 80cm.

<sup>1</sup> Der Begriff Computer kommt von dem lateinischen Wort Computare: berechnen, zusammenrechnen, ausrechnen. Ein moderner Computer besteht aus einem Steuerwerk, der arithmetisch und logischen Einheit, der Programmsteuerung und den Ein- und Ausgabeeinheiten. Der Maschine Z3 fehlten 1941 die logischen Bausteine. Aus unserer Sicht kann die Z3 als der Prototyp des modernen Computers bezeichnet werden, also ein Computer mit minimalen Einschränkungen bezogen auf heutige moderne Maschinen. Besonders erwähnenswert ist die Verwendung von binären Gleitkommazahlen und die Übersetzung vom dezimalen Gleitkommazahlen in binäre und umgekehrt. Korrekt ist auch zu sagen: Die Maschine Z3 ist der erste funktionsfähige Digitalrechner.

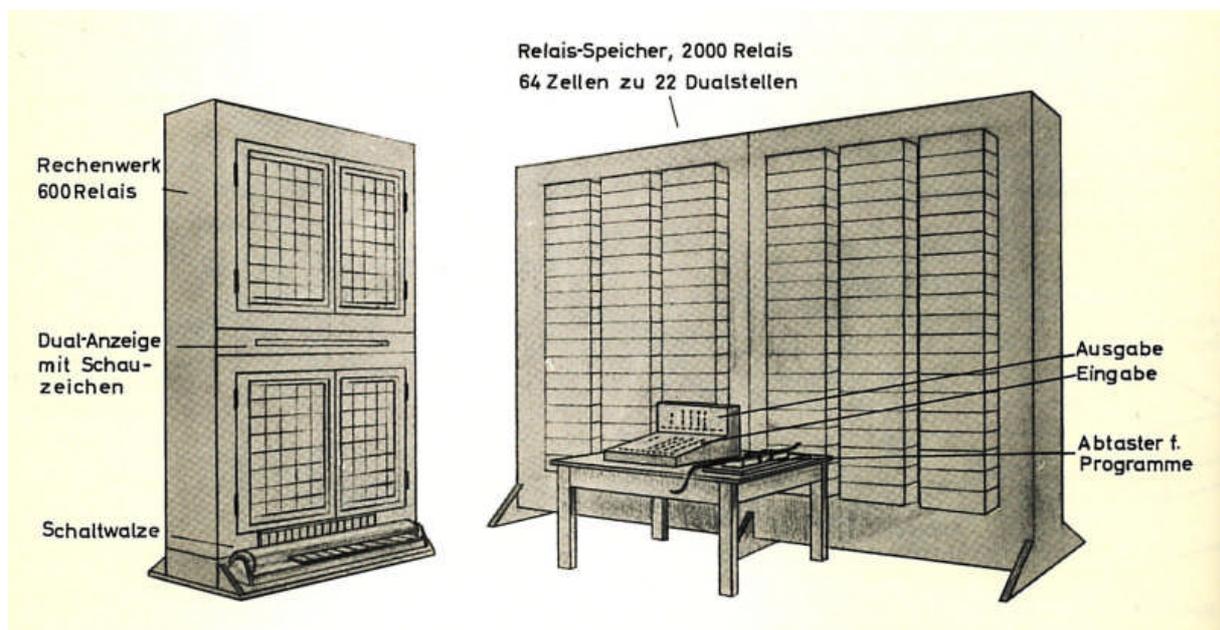
Die Maschine Z3 ist das dritte Exemplar aus einer Serie von Z-Maschinen, die Konrad Zuse zwischen 1936 und 1945 konstruierte und baute. Das Gerät Z1 (1936-1938) wurde ebenfalls bei dem Bombenangriff am 21. Dezember 1943 zerstört. Die Architektur der Maschine Z1 ist fast identisch zu der Maschine Z3. Die Maschine Z1 war nicht voll funktionsfähig, da sich die Bleche beim Rechnen verhakten. Konrad Zuse wollte zuverlässige Maschinen bauen, da er die Vision hatte, dass Ingenieurbüros seine Maschinen benötigen. Aus diesem Grund konstruierte er nach der Z1 die Maschine Z2 (1938-1939). Es war ein Versuchsmodell mit der die Relais-technik zum Bau solcher vollautomatischer Maschinen testen wollte.

Die **Rechenmaschine Z3** kann als Prototyp des modernen Computers angesehen werden.

Nur die Rechenmaschine Z4 (1945) konnte vor den Bombenangriffen gerettet werden und hat ab 1950 erfolgreich für fünf Jahre an der ETH-Zürich gerechnet.

### Nachbau der neuen Z3 zum Jahr 2010

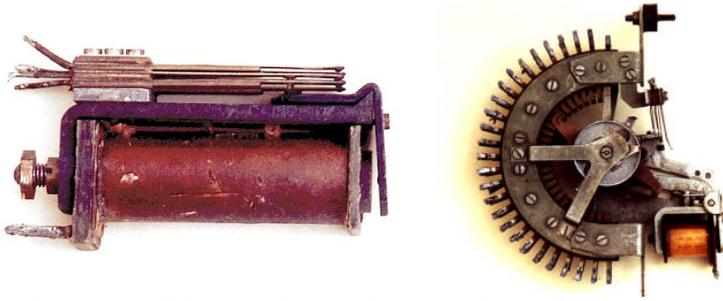
Im Jahr 2010 wäre Konrad Zuse 100 Jahre alt geworden und im Jahr 2011 jährt sich zum 70sten Mal die Vorstellung der Maschine Z3 durch Konrad Zuse in der Methfesselstr. 7 in Berlin am 12. Mai 1941. Horst Zuse, der älteste Sohn von Konrad Zuse, initiierte im Jahr 2008 das Projekt, die historische Maschine Z3 nochmals in Originalgröße mit einem Rechenwerk, zwei Speicherschränken und der Konsole entstehen zu lassen.



Zeichnung der Maschine Z3 von ca. 1964 durch Konrad Zuse. Ein Originalfoto der Z3 existiert nicht, da die Aufnahmen bei einem Bombenangriff zerstört wurden.

Obige Zeichnung von Konrad Zuse zeigt die Original-Z3. Das Rechenwerk war mit ca. 600 Rundrelais und neun Schrittschaltern konstruiert. Die Schrittschalter gehören zum Steuerwerk der Maschine, es werden damit die Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division und die Quadratwurzel ausgeführt. In den beiden Speicherschränken befinden sich ca. 2000 Relais. Diese Zeichnung diente dem Autor als Grundlage für den neuen Nachbau Z3 (2010), deren Planung im Jahr 2008 begann. Die neue Z3 von 2010 wird als Z3<sup>R</sup> (Z3-Reconstructed bezeichnet).

Konrad Zuse verwendete für seine Z3 Telefonrelais und Schrittschalter.



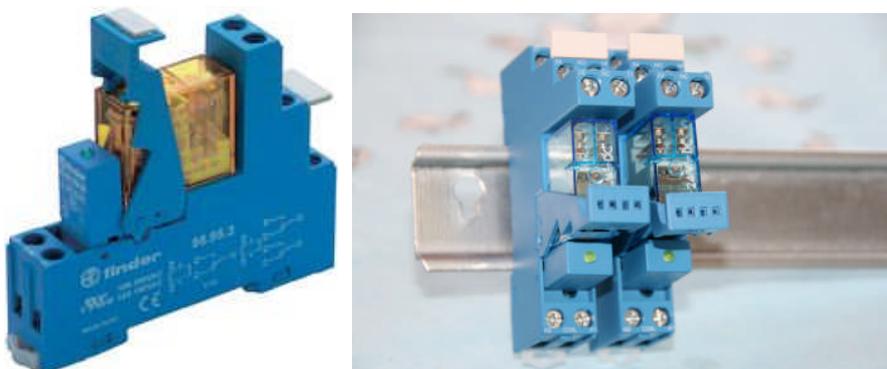
Rundrelais und ein Schrittschalter mit denen die Original-Z3 realisiert wurde.

Rundrelais existieren schon ca. 1920 in der Telefontechnik, Schrittschalter ebenso. Konrad Zuse verwendete die Rundrelais für die Speicher und Schrittschalter für die Steuerung der Z3, wie Multiplikation, Division usw.

### Die neue Z3 von 2010

Die umfangreichen Vorbereitungen für den neuen Nachbau der Maschine Z3 (genannt Z3r) durch den Autor begannen im Jahr 2008. Die Ideen waren folgende:

- Zu Konrad Zuse's 100. Geburtstag am 22. Juni 2010 soll eine neue Z3 präsentiert werden.
- Die Maschine Z3 eignet sich hervorragend, um zu erklären, was ein Computer ist. An einem PC ist es nahezu unmöglich zu demonstrieren, welches die Grundfunktionen eines Computers sind.
- Die wichtigen Komponenten der Z3 sollen separat demonstrierbar sein: Der Takt des Rechners, das Mantissenrechenwerk, das Exponentenrechenwerk, die beiden Shifter zum Ausgleich der Mantissen und Exponenten bei der Addition und Subtraktion, die Normalisierung der Gleitkommazahlen, die Konvertierung von dezimalen Gleitkommazahlen in binäre und umgekehrt. Diese Funktionen können bei **keinem** der beiden der oben erwähnten Nachbauten demonstriert werden.
- Die Z3 soll in der Originalgröße gemäß der Zeichnung oben entstehen.
- Die Realisierung soll mit modernen Industrirelais erfolgen.
- Die Konsole ist der Originalkonsole nachgebildet, enthält aber eine „Klappe“, unter der sich 60 Taster befinden. Damit können die einzelnen Komponenten der Maschine bis zum einzelnen Bit, gesteuert werden. Dies ist bei keinem der beiden anderen Nachbauten möglich.
- Die Maschine Z3 soll auf Ausstellungen, in Museen usw. präsentiert werden.
- Der endgültige Standort der neuen Z3 wird das Konrad-Zuse-Museum in Hünfeld sein.



Industrirelais mit zwei Umschaltern, rechts montiert an einer Hutschiene. Die Funktionweise der Relais entspricht denen von 1941.

In den drei Schränken werden moderne Industrirelais der Fa. Finder verwendet. Jedes Relais kann einfach ausgetauscht werden und ist mit einer Leuchtdiode versehen. Insgesamt sind in der Maschine ca. 2500 Relais verbaut.

Die neue Z3 orientiert sich nicht nur an der Originalgröße, sondern auch an den Schaltungen der Original-Z3 von 1941 (Patentanmeldung Z391), aber es mussten sehr aufwändige Modifikationen vorgenommen werden, die vom Autor selbst entwickelt werden mussten. Dies betrifft z.B. die gesamte Taktsteuerung der Maschine und das Steuerwerk.

Der Bau der neuen Z3 wurde im Jahr 2010 im Arbeitszimmer der Altbauwohnung des Autors in Berlin am Fasanenplatz im 5. Stock ohne Fahrstuhl durchgeführt. Die gesamte Konzeption und Konstruktion der neuen Z3 wurde vom Autor durchgeführt, dazu gehören u.a. auch die Anordnung, Montage und Verdrahtung der Relais.



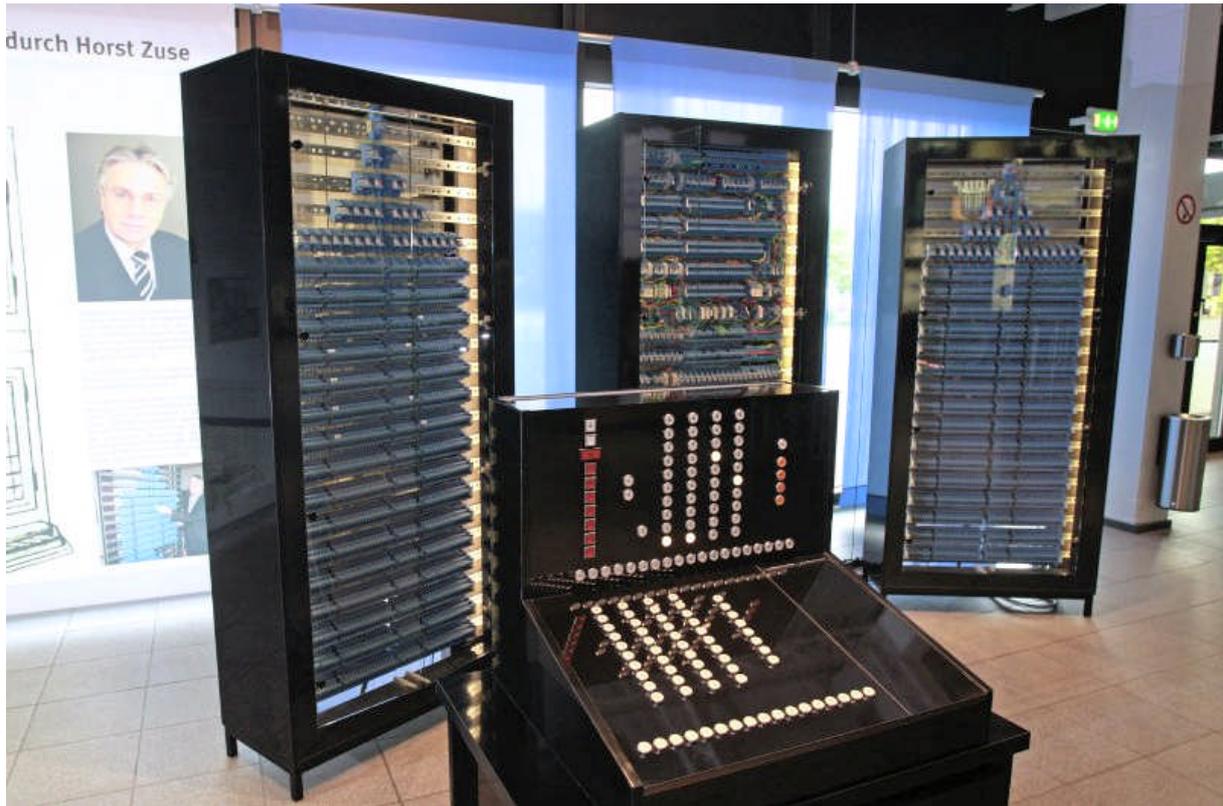
Arbeitszimmer des Autors im 5. Stock Altbau in Berlin Wilmersdorf ohne Fahrstuhl im Jahr 2010. Links: Das Rechenwerk der Z3 am 17. Juni 2010 Rechts: Demonstration der „Tannenbaumschaltung“ für den Speicher.

Am 26. Juni 2010 wurde die neue Z3 in einem Festakt in Hünfeld im Konrad-Zuse-Museum offiziell der Öffentlichkeit vorgestellt. Das Foto unten zeigt die neue Z3 am 26. Juni 2010 in Hünfeld.



Die neue Z3 im Konrad-Zuse-Museum in Hünfeld am 26.6.2010 bei der erstmaligen offiziellen Vorstellung. In der Mitte befindet sich das Rechenwerk, links und rechts die Speicherschränke, davor die Bedienkonsole.

Wie oben auf der Zeichnung zu sehen ist, besteht die neue Z3 aus drei Schränken, ca. 1,20m breit und 2,20m hoch.



Z3 im HNF im Jahr 2011.

## Technische Daten zur Original Z3 und zum Nachbau der Z3

Wir führen hier die technischen Daten der Original Z3 auf und nach dem -> die modifizierten Eigenschaften der neuen Z3, bezeichnet als Z3<sup>R</sup>. Auch werden Vergleiche zu einem modernen PC aufgeführt.

### Bauzeit und erste Vorführung

Bauzeit Z3 1939-1941, Erste Vorführung am 12. Mai 1941, Methfesselstraße 7, Berlin-Kreuzberg. Die Z3 war funktionsfähig in allen Komponenten.

-> Bauzeit Z3<sup>R</sup> 2009-2011 in Berlin. Erste öffentliche Vorführung am 26. Juni 2010 in Hünfeld.

### Bauelemente

Relais und Schrittschalter.

-> Industrirelais und Zeitschalter.

### Speicher

Ca. 1600 Relais.

64 Worte zu je 22 Bit, adressierbar über ein Wählwerk (ca. 120 Relais).

Kapazität: Je Speicherschrank 768 Bit.

Moderner PC: Zwei Gigabyte = zwei Milliarden Bytes = 16 Milliarden Bits.

### Rechenwerk

Ca. 600 Relais, 9 Schrittschalter

-> ca. 600 Relais und 50 Zeitschalter.

Rechenoperationen +, -, \*, /, Quadratwurzel.

### Programmsteuerung

Instruktionen auf einem 35 mm Standardfilm:

### Zahlendarstellung

Zwei Modi in der neuen Z3: Binäre ganzzahlige Darstellung und Binäre Gleitkommazahlen (umschaltbar), 14 Bit Mantisse, 7 Bit Exponent, 1 Bit Vorzeichen.

### Konsole

Ein- und Ausgabe in dezimalen Gleitkommazahlen, 4 Ziffern für die Mantisse, 8 Ziffern für den Exponenten (-8 bis +8).

-> Zusätzlich 60 Taster unter einer „Klappe“ zur detaillierten Steuerung aller Komponenten der Maschine bis in das einzelne Bit.

**Taktfrequenz**

Ca. 5 Hertz. Addition 0,8 Sek., Multiplikation ca. 3 Sek.  
 Moderner PC: Ca. 3 Milliarden Hertz.

**Sponsoren und Unterstützer**

Das Projekt neue Z3 im Jahr 2010 ist aus vielerlei Hinsicht sehr komplex. Ohne die unten aufgeführten Personen und Firmen wäre es nicht möglich gewesen, diese, zugegeben etwas verrückte Idee, zu realisieren. Der Autor bedankt sich bei den Sponsoren und Unterstützern zum Bau der neuen Z3. Ein besonderer Dank gilt dem Bürgermeister Dr. Fennel der Stadt Hünfeld, der sich sehr engagiert für die Finanzierung des neuen Nachbaus der Z3 eingesetzt hat.



Unterzeichnung der Vereinbarung zum Bau der neuen Z3 in Hünfeld mit Bürgermeister Dr. Fennel und Prof. Dr. Horst Zuse am 1. April 2010.

**Sponsoren**

- Förderung Stiftung der Sparkasse Fulda.
- Zuschuss Land Hessen: Hessisches Ministerium f. Wissenschaft und Kunst.
- Dr. Tim Olbricht aus Hünfeld.
- Eigenanteil Stiftung Stadt- und Kreisgeschichtliches: Museum Hünfeld mit Konrad-Zuse-Museum.

**Unterstützer des Projekts**

- |   |   |
|---|---|
| • Fa. Dux Elektrokontakt GmbH, 04303 Leipzig:             | Schalter/ Anzeigen.   |
| • Fa. Eltec Engineering GmbH, 10587 Berlin:               | Mechanische Planung.  |
| • Fa. Finder GmbH, 65468 Trebur-Astheim:                  | Relais, Zeitschalter.   |
| • Fa. Erwin Krug & Söhne GmbH Co KG, 14199 Berlin:        | Gehäuse/Schränke/Transport.                                     |
| • Fa. Harting Deutschland GmbH Co KG, 32381 Minden:       | Verbinder.  |
| • Fa. Wago Kontakttechnik GmbH & Co KG, 32385 Minden:     | Klemmen.  |
| • Kanzlei Hübner & Dr. Körting, 10623 Berlin:             | Gebrauchsmusterschutz.  |
| • Fa. ELSAME GmbH - Forckenbeckstrasse 9-13, 14199 Berlin | Standort der Z3 ab August 2010<br>für weitere Arbeiten in 2011. |

## Über den Autor



Horst Zuse wurde am 17.11.1945 geboren und studierte von 1967 bis 1973 Elektrotechnik an der Technischen Universität Berlin (TUB). Im Jahr 1985 promovierte er auf dem Gebiet der Softwarekomplexitätsmaße. 1991 publizierte er das Buch: *Horst Zuse: Software Complexity - Measures and Methods*, im *DeGruyter Verlag* und 1998 erschien das Buch: *Horst Zuse: A Framework of Software Measurement*, im *DeGruyter Verlag*. Im Jahr 1998 verlieh der Fachbereichsrat Informatik der TU-Berlin ihm im Rahmen des Habilitationsverfahrens die Lehrbefähigung und –befugnis (Privatdozent) auf dem Gebiet der Praktischen Informatik. Von 2003 bis 2006 war er Gastprofessor an der FH-Lausitz und wurde im November 2006 zum Professor (Honorarprofessor) der Hochschule-Lausitz ernannt.