



Autodesk Inventor Tutorials

von Sean Dotson

www.sdotson.com

sean@sdotson.com

übersetzt ins Deutsche von
Jörg Weber

Fortgeschrittene Bewegung Teil 2

Letzte Änderung: 14.05.02

2004 Sean Dotson, PE (sdotson.com)
Inventor ist ein registriertes Warenzeichen von Autodesk Inc.

Mit dem Herunterladen dieses Dokumentes sind Sie mit folgender Vereinbarung einverstanden.

Der Gebrauch dieses Dokumentes ist ausschließlich zu ihrer Information. Sie sind einverstanden dieses Dokument nicht zu verteilen, veröffentlichen, weiterleiten, ändern, auszuhängen oder Ableitungen zu erstellen oder in irgendeiner anderen Form dieses Dokument zu verwenden. Jegliche andere Form des Gebrauches, einschließlich der Vervielfältigung, Änderung, Verbreitung, Übertragung des Inhaltes von dieser Seite ist strikt verboten.

Dieses Tutorial setzt voraus, dass Sie mit Basisabhängigkeiten vertraut sind und wie man diese Abhängigkeiten bewegt. Es setzt weiterhin voraus, dass sie mit dem Erzeugen und Editieren von Parametern vertraut sind. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass der Anwender das Tutorial *Fortgeschrittene Bewegung Teil 1* gelesen hat.

Klicken sie hier um ein [avi-Datei](#) der abschließenden Animationsübung zu sehen. Nun, da wir wissen was wir erreichen wollen, lassen sie uns beginnen.

Beginnen wir mit dem Basiszusammenbau. Der Zusammenbau enthält das Spielbrett (bestehend aus zwei Teilen), den Spielsteinen, dem Uhrengehäuse und zwei unterschiedlichen Zeigern. Weil nicht alle Bauteile für diesen Teil der Übung gebraucht werden (einige sind nur aus Schönheitsgründen eingefügt), werden alle Bauteile in dieser [zip-Datei](#) zur Verfügung gestellt.

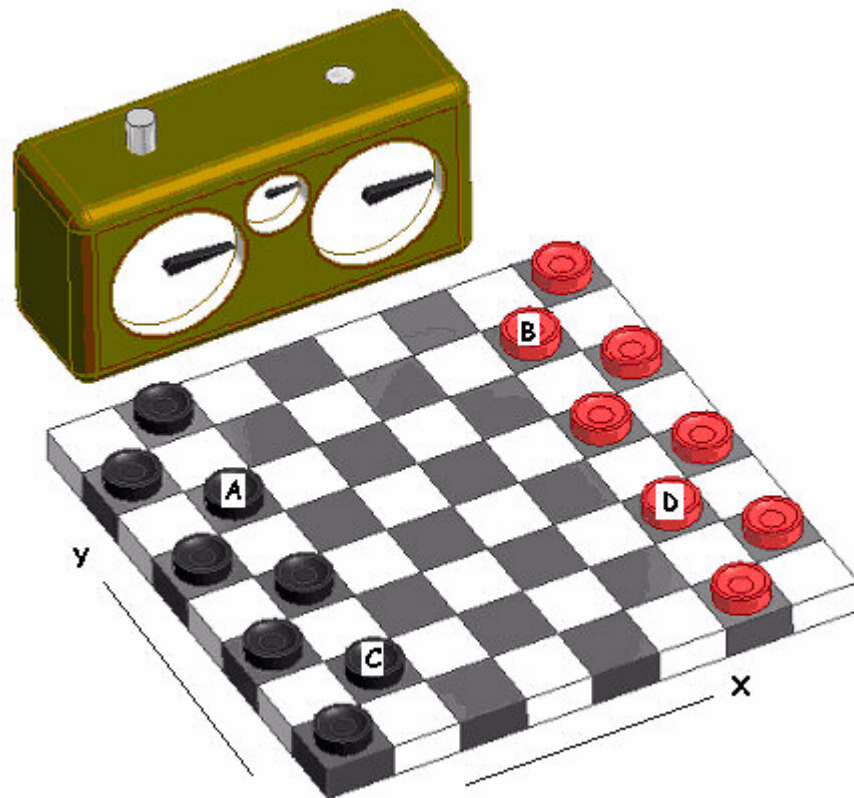


Abbildung 1 – Zusammenbau mit Basisabhängigkeiten und Spielsteinidentifikation

Erstellen Sie den Zusammenbau mit Abhängigkeiten wie oben zu sehen. Um den Spielstein auf das Spielbrett zu platzieren, verwenden Sie die Abhängigkeit Passend, damit der Stein auf dem Board liegt, und die Abhängigkeit Fluchtend, um den Spielstein mit seinen Ursprungsebenen zweimal zu den Seitenflächen des Spielbrettes auszurichten. Weil wir die hintere Reihe nicht bewegen wollen, habe ich die Spielsteine mit Komponente anordnen in einer Reihe gesetzt. Die Steine, die bewegt werden sollen, sind alle individuell angeordnet.

Das Uhrengehäuse wurde platziert und fixiert und die Zeiger wurden mit einer Abhängigkeit Winklig zu einer horizontalen Fläche ausgerichtet. Anschließend haben

wir die Abhängigkeit des rechten Zeigers (im Parametermenü!) in **Winkel** umbenannt.

Der kleine mittlere Zeiger hat eine horizontale Abhängigkeit mit der Formel

$$\text{Winkel} * 2$$

Dieses ist nur ein kleiner Schönheitsschritt und kann auch übersprungen werden.

Nun können wir mit der Gleichungen beginnen, die für die Bewegung der Spielsteine nötig sind. Unter der Verwendung von **Winkel** als unseren treibenden Parameter, werden wir den Spielstein A (siehe Abbildung1) mit dem Parameter **Winkel** verbinden. Finden Sie die Abhängigkeit Fluchtend die die Bewegung in die X-Richtung kontrolliert. Editieren Sie die Formel wie folgt:

$$0.750 \text{ in} + \min((0.100 \text{ oE} * \text{Winkel} * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ grad}); 0.5 \text{ in})$$

(Um mit den vorbereiteten Bauteilen arbeiten und dabei auch die runden Zahlenwerte benutzen zu können, verwenden wir hier weiterhin inch (in), was auch in der deutschen Inventor-Version problemlos möglich ist.)

Achten Sie darauf, dass sie die Einheiten zueinander passen halten.

Zerlegt zeigt uns diese Formel, dass der Wert 0.750 die anfängliche Verschiebung des Spielsteins ist. (da ja die Quadrate 0.5“ zum Quadrat sind, und der Stein in der zweiten Reihe liegt $(.5)+(0.5/2)=0.75$). Wir haben dann diesem minimalen Wert $(0.1 * \text{Winkel})$ oder 0.5 in hinzugefügt. Das heißt, der Spielstein bewegt sich solange bis der Wert **Winkel** 5 Grad $(0.1*5=0.5)$ erreicht hat.

Hinweis: Es kann auch sein, je nachdem von welcher Fläche sie die Spielsteine ursprünglich abhängig gemacht habe, dass der Ursprungswert (in unserem Fall 0.75) sich unterscheidet. Außerdem kann der Wert negativ sein. Wenn das der Fall ist, dann ändern Sie einfach den Wert oder das Vorzeichen in ihrer Formel.

Lassen sie uns nun nach der Bewegung in die Y-Richtung schauen. Ändern Sie die Abhängigkeit Fluchtend wie folgt:

$$2.750 \text{ in} + \min((0.100 \text{ oE} * \text{Winkel} * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ grad}); 0.5 \text{ in})$$

Erneut ist 2.750 in unser ursprünglicher Abstand. (Ich habe den Spielstein mit der nahe liegenden Seite des Spielbrettes in Abhängigkeit gesetzt) und wieder haben wir einen minimalen Wert von $(0.1 * \text{Winkel})$ oder 0.5 hinzugefügt.

Bewegen Sie nun **Winkel** von 0 bis 100 Grad (grad). Der Spielstein sollte sich ein Feld in positiver X-Richtung und ein Feld in positiver Y-Richtung, diagonal bewegen. (siehe Abbildung 2).

Jetzt können wir uns an die Arbeit machen und den Spielstein B bewegen. Editieren Sie wieder die Abhängigkeit Fluchtend wie folgt:

$$0.750 \text{ in} + \min(\max((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 10 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ deg}); 0 \text{ in}); 0.5 \text{ in})$$

für die X-Richtung und

$$0.750 \text{ in} + \min(\max((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 10.00 \text{ grad})) * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ grad}); 0.000 \text{ in}); 0.500 \text{ in})$$

für die Y-Richtung

Hier werden wir feststellen, dass die Formel ein bisschen komplexer ist. Lassen sie uns zuerst einen Blick auf die Formel für die X-Richtung werfen. Wie gehabt haben wir einen Ausgangswert von 0.75 Inch. Dann haben wir eine verschachtelte min/max Funktion. Schauen wir zuerst auf die innere Funktion:

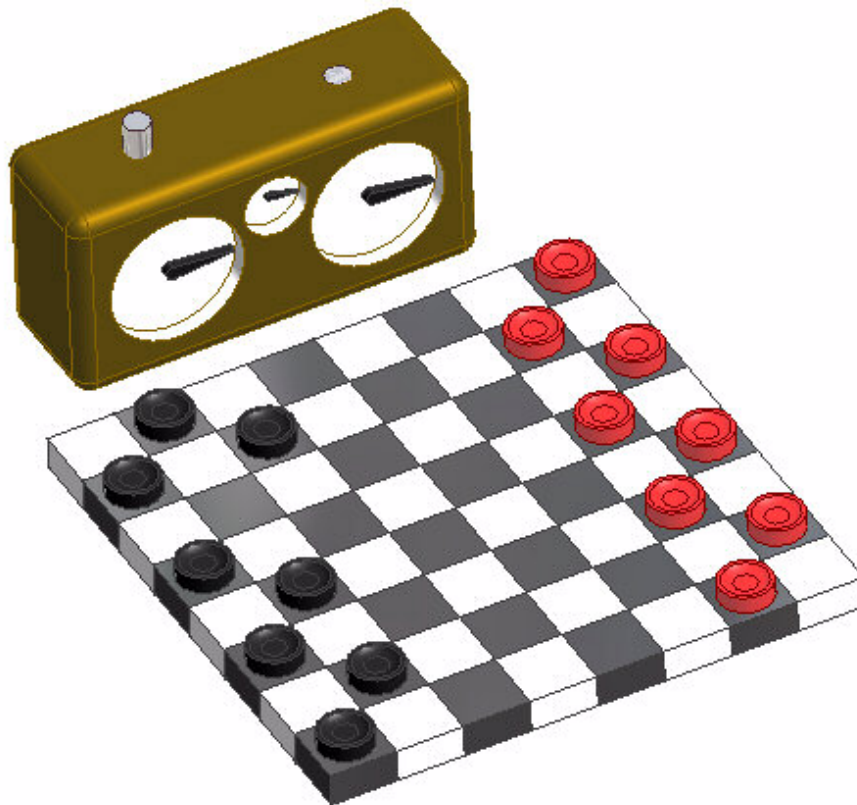


Abbildung 2 - Spielstein "A" bewegt sich in Position

Diese Funktion gibt entweder den maximalen Wert von $0.1 * (\text{Winkel} - 10)$ oder 0 zurück. Das bedeutet, der zurückgegebene Wert bleibt 0, solange **Winkel** < 10 sein wird, denn der Ausdruck (**Winkel** - 10) ist negativ für alle Werte, die unter 10 Grad sind. Kurz: Unser Spielstein wird sich nicht bewegen bis **Winkel** 10 Grad erreicht hat.

Anmerkung: Da ja der vorherige Spielstein seine Bewegung bei 5 Grad beendet hat, haben wir den Wert in dieser Formel von 10 Grad gewählt um 5 Grad als Verweilzeit zu haben. Wir können jeden Wert als Verweilzeit wählen. Wenn Sie eine Animation wie diese erstellen, ist eine Pause für eine realistische Wiedergabe nützlich. Wählen Sie die Verweilzeit jeweils passend zu Ihrer Konstruktion

{Das hörte sich vorher so nach eingebauter Automatik an. Außerdem bedeutet design nicht Design.}

Jetzt gehen wir im Aufbau der Formel eine Stufe höher und untersuchen die Funktion.

$$\min (\max ((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 10.00 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.000 \text{ grad}) ; 0.000 \text{ in}) ; 0.500 \text{ in})$$

Hier wird der minimale Wert der eingebetteten Formel (welche sich in dem Bereich 0 bis $(0.1 * (\text{Winkel} - 10))$ befindet) oder 0.5 wiedergegeben. Das heißt die Bewegung des Spielsteins wird enden, sobald **Winkel** gleich oder größer als 15 Grad sein wird.

Die gleiche Logik wird auch bei der Bewegung in der Y-Richtung angewendet. Der Leser möge das selber nachvollziehen. (Nachdem ich unzählige technische Handbücher gelesen habe mit dieser Phrase, benutze ich diese selbst. Tschuldigung, ich konnte nicht widerstehen ☺)

Bewegen Sie wieder **Winkel** bis 100 Grad. Sie werden die Bewegung des ersten Spielsteins sehen, gefolgt vom zweiten Spielstein.

Die Technik einer eingebetteten min und max Funktion ist die Grundlage einer Bewegung um ein Teil zu einer festgelegten Zeit starten zu lassen.

Die Bewegung der Spielsteine C und D wird in gleicher Weise ausgeführt. Beachten Sie dass die Verweilzeit passend sein muss, damit die Bewegung aufeinander folgt. Unten folgend habe ich die Formel für die Spielsteine C und D aufgeführt.

Spielstein C:

X-Richtung

$$0.750 \text{ in} + \min (\max ((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 20.00 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.000 \text{ grad}) ; 0.000 \text{ in}) ; 0.500 \text{ in})$$

Y-Richtung

$$0.750 \text{ in} + \min (\max ((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 20.00 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.000 \text{ grad}) ; 0.000 \text{ in}) ; 0.500 \text{ in})$$

Spielstein D:

X-Richtung

$$0.750 \text{ in} + \min (\max ((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 30.00 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.000 \text{ grad}) ; 0.000 \text{ in}) ; 0.500 \text{ in})$$

Y-Richtung

$$-1.250 \text{ in} - \min (\max ((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 30.00 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.000 \text{ grad}) ; 0.000 \text{ in}) ; 0.500 \text{ in})$$

Beachten Sie in der Y-Formel für den Spielstein D, dass der Anfangswert negativ ist. Weil dies der Fall ist, müssen wir den Rest der Formel subtrahieren, damit die Bewegung korrekt ist. Sie müssen später immer selbst beurteilen und bestimmen, wann der Anfangswert für die min/max Formel positiv oder negativ zu sein hat.

Es ist auch oft sinnvoll, bevor Sie beginnen ein Diagramm zu erstellen, das die gewünschte Bewegung darstellt. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel. Für dieses Beispiel sollten Sie sich auch eine Kurve für die Y-Richtung erzeugen.

Bewegen Sie **Winkel** von 0 bis 100 grad. Dabei sollte nun jeder Spielstein in einer Abfolge ein Feld weiter ziehen. Wenn Sie sich das AVI anschauen, werden Sie

jedoch feststellen, dass der Spielstein A sich einmal bewegt, dann bewegen sich die andern Steine, anschließend der Stein A erneut. Für diese Bewegung müssen Sie die Formel der Abhängigkeit editieren. Finden sie die Parameter für die X und Y Richtung und ändern Sie diese wie folgt.

X-Richtung

$0.750 \text{ in} + \min((0.100 \text{ oE} * \text{Winkel} * 1.000 \text{ in} / 1.000 \text{ grd}) ; 0.500 \text{ in}) + \text{sign}(\text{Winkel} - 40 \text{ grd}) * \text{movetwox}$

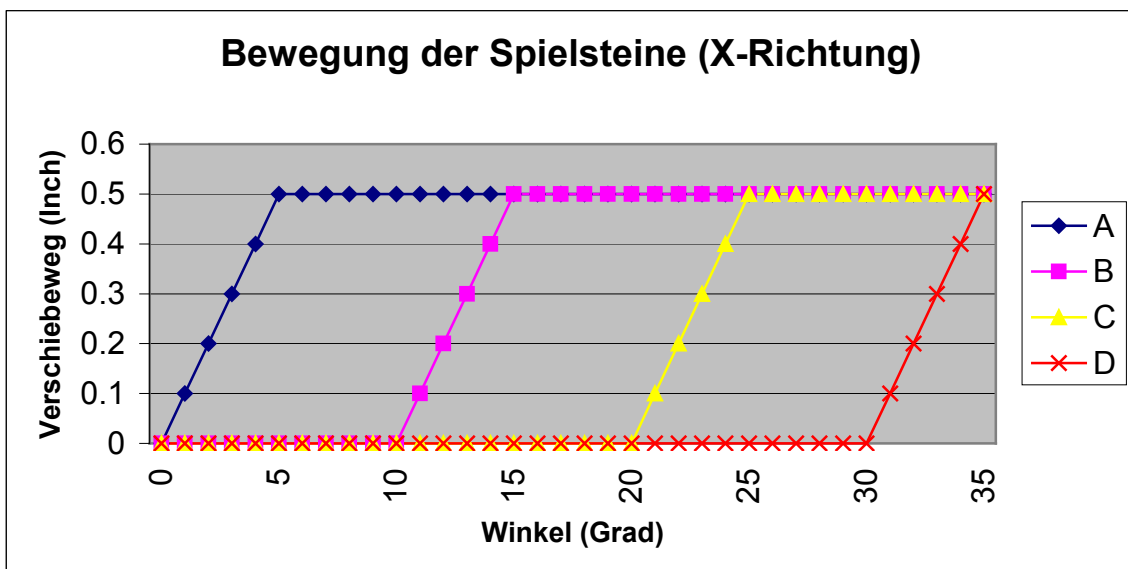


Abbildung 3 - Diagramm für die Spielsteinbewegung (X-Richtung)

Y-Richtung

$2.750 \text{ in} + \min((0.100 \text{ oE} * \text{Winkel} * 1.000 \text{ in} / 1.000 \text{ gr}) ; 0.500 \text{ in}) - \text{sign}(\text{Winkel} - 40.00 \text{ grd}) * \text{movetwoy}$

Dies ist im Grunde die gleiche Formel, mit dem hinzugefügten (und subtrahierten) folgenden Term:

$\text{sign}(\text{Winkel} - 40.00 \text{ deg}) * \text{movetwox}$ und
 $\text{sign}(\text{Winkel} - 40.00 \text{ deg}) * \text{movetwoy}$

movetwox und **movetwoy** sind Benutzerparameter die wir in der Parameterliste hinzufügen müssen. Gehen Sie auf die Schaltfläche am Ende der Dialogbox (wo sie ihre Benutzerparameter sehen) und klicken sie auf Hinzufügen.

Geben Sie die Werte für **movetwox** und **movetwoy** wie folgt ein:

$\text{movetwox} = \min(\max((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 40 \text{ grd}) * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ grd}) ; 0 \text{ in}); 0.5 \text{ in})$

$\text{movetwoy} = \min(\max((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 40 \text{ grd}) * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ grd}) ; 0 \text{ in}); 0.5 \text{ in})$

Wir erzeugen uns dieses als einen benutzerdefinierten Parameter, somit brauchen wir nicht die ganze Gleichung in einem Modellparameter eintragen. Gleichungen aufzubrechen und zu benennen vereinfacht das Eintragen der Gleichungen. Wir hätten sonst die gesamte Gleichung wie folgt schreiben müssen:

$2.750 \text{ in} + \min((0.100 \text{ oE} * \text{Winkel} * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ grad}); 0.500 \text{ in}) - \text{sign}(\text{Winkel} - 40.00 \text{ grad}) * \min(\max((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 40 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ deg}); 0 \text{ in}); 0.5 \text{ in})$

Aber dies wird ganz schnell chaotisch

Was haben wir also getan? Wir wissen, dass der erste Teil der Gleichung den Spielstein A ein Feld in die X- und Y-Richtung bewegt, aber was wird bei

$\text{sign}(\text{Winkel} - 40.00 \text{ grad}) * \text{movetwox}$

ausgeführt?

Die SSign-Funktion gibt einen binären Wert zurück, der abhängig von seinem Argument ist. Wenn das Argument positiv ist, gibt es eine 1 zurück, ist es negativ, gibt es eine 0 zurück. In unserem Beispiel benutzen wir die sign-Funktion als eine einfache if...then Funktion. Wenn der Wert von **Winkel-40** positiv ist (z.B. Winkel>40), bringt sign eine 1 und wir addieren (oder subtrahieren) den Wert von movetwox zu dem ersten Teil der Formel. Wenn es negativ ist (**Winkel<40**), übergibt sign eine 0 und wir addieren (oder subtrahieren) den Wert nicht von **movetwox** (weil $0 * \text{movetwox} = 0$)

Nun lassen sie uns anschauen was **movetwox** macht. Hier noch ein Mal die Gleichung für **movetwox**:

$\text{movetwox} = \min(\max((0.100 \text{ oE} * (\text{Winkel} - 40 \text{ grad}) * 1.000 \text{ in} / 1.00 \text{ grad}); 0 \text{ in}); 0.5 \text{ in})$

movetwox gibt das Minimum von entweder 0.5 oder das Maximum von entweder $(0.1 * (\text{Winkel}-40))$ oder 0. Diese eingebettete Funktion ist gleich der Bewegung des Spielsteins B

Wenn also Winkel<40 ist gibt die max Funktion 0 zurück und infolgedessen übergibt die min Gleichung ebenfalls ein 0 zurück.

Wenn $45 > \text{Winkel} > 40$ ist übergibt die max-Funktion den Wert von $((0.1 * (\text{Winkel}-40))$ und infolgedessen übergibt die min-Funktion den Wert von $(0.1 * (\text{Winkel}-40))$

Wenn Winkel>45 übergibt die max-Funktion $(0.1 * (\text{Winkel}-40))$ und infolgedessen übergibt die min Funktion 0.5 in

Wieder kann ein Diagramm hilfreich sein um die Bewegung zu planen. (siehe Abbildung 4)

Nun bewegen Sie **Winkel** von 0 bis 100 grad. Jetzt sollten Sie eine Bewegung sehen, wie es in dem Beispiel AVI-Beispiel dargestellt ist.

Ich ermutige den Leser die Formel zu verändern um zu sehen, welche unterschiedlichen Bewegungen die Spielsteine ausführen. Setzen Sie zum Beispiel die Bewegung des Spielsteins B für die Y-Richtung auf positiv anstatt negativ. Dann versuchen Sie für die Spielsteine B, C oder D eine andere Bewegung einzurichten (verwenden sie das Beispiel für den Spielstein A).

Mehrere Bauteile, mehrfache Bewegung kann sehr verzwickelt sein, aber wenn sie Ihre Formeln gut vorbereiten und übersichtlich anordnen, werden sie wenig Probleme haben, auch kompliziertere Bewegungen mit Inventor darzustellen.

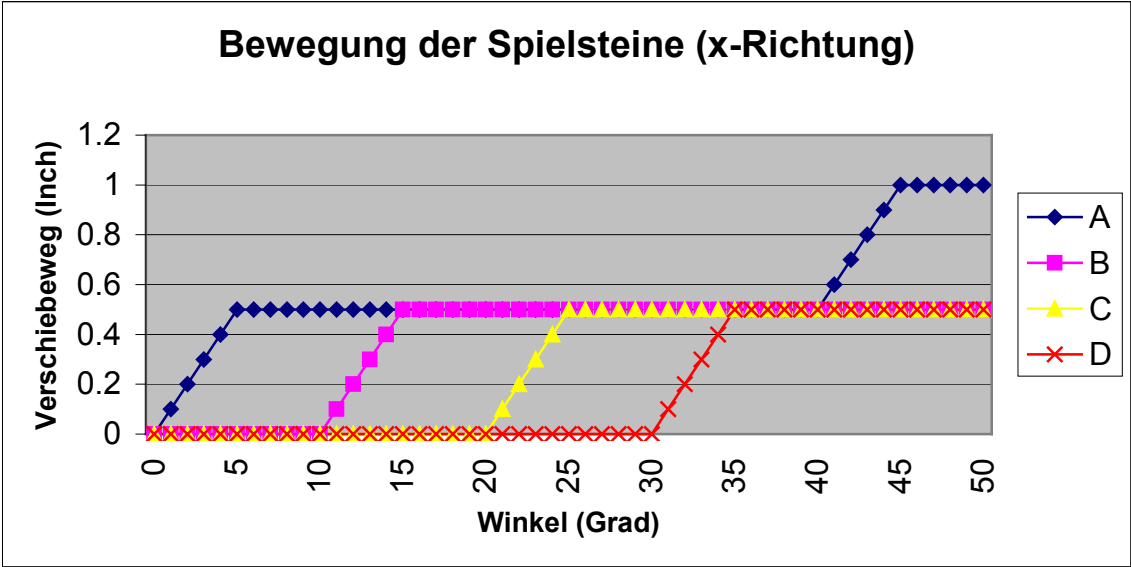


Abbildung 4 - Diagramm für die abschließende Spielsteinbewegung (X-Richtung)