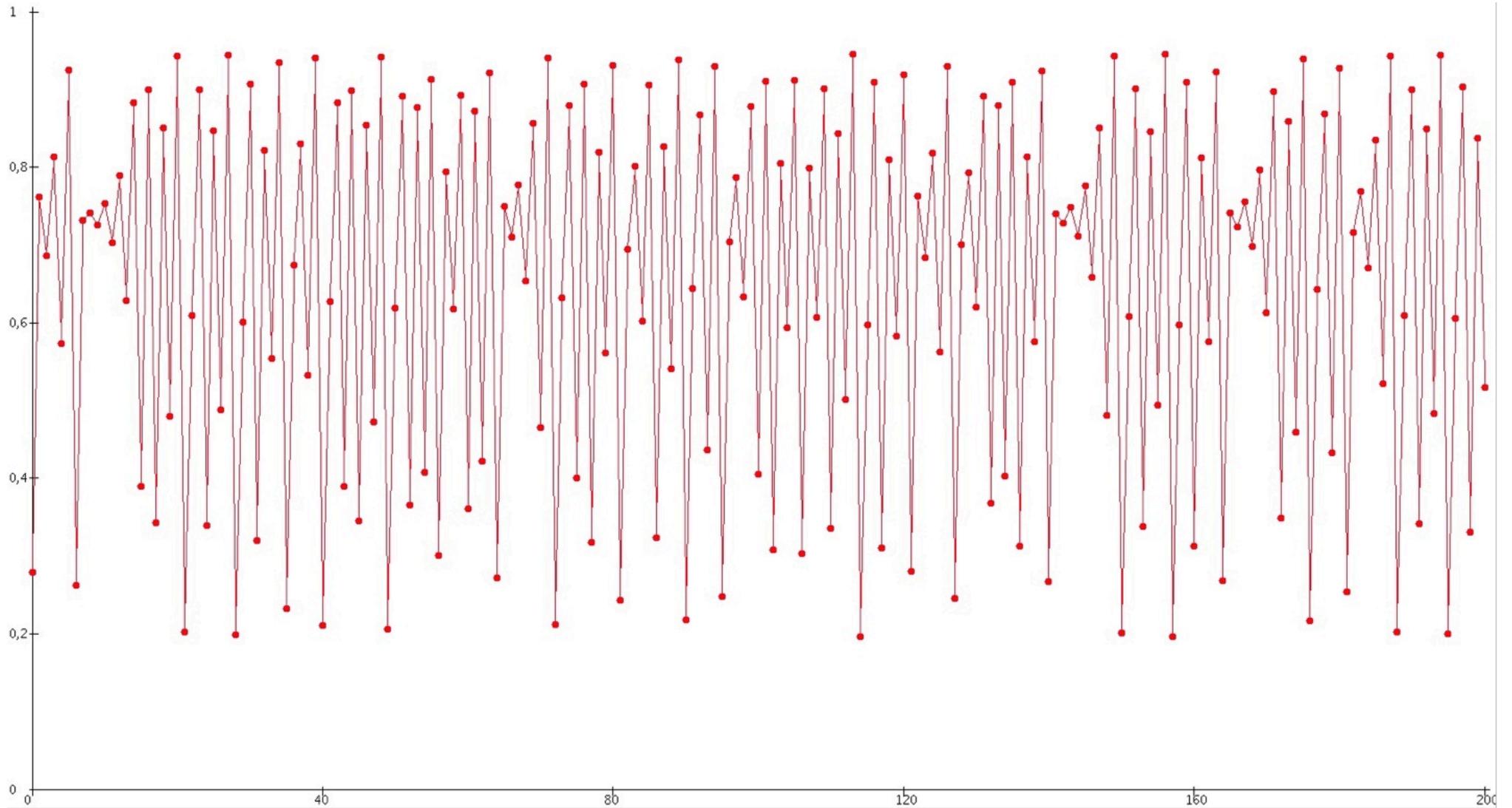


# Was ist Chaos?

# Was ist Chaos?



# Was ist Chaos?

Jurassic Park, Hollywood 1993



# Was Chaos nicht ist

~~Chaos tritt auf, wenn Systeme groß und kompliziert sind.~~

~~Chaos tritt nur im Computer auf.~~

Chaos

~~Chaos tritt auf, wenn sich Systeme zufällig verändern.~~

~~Chaos tritt auf, wenn wir nicht alle Informationen über ein System haben.~~

# Was ist Chaos?

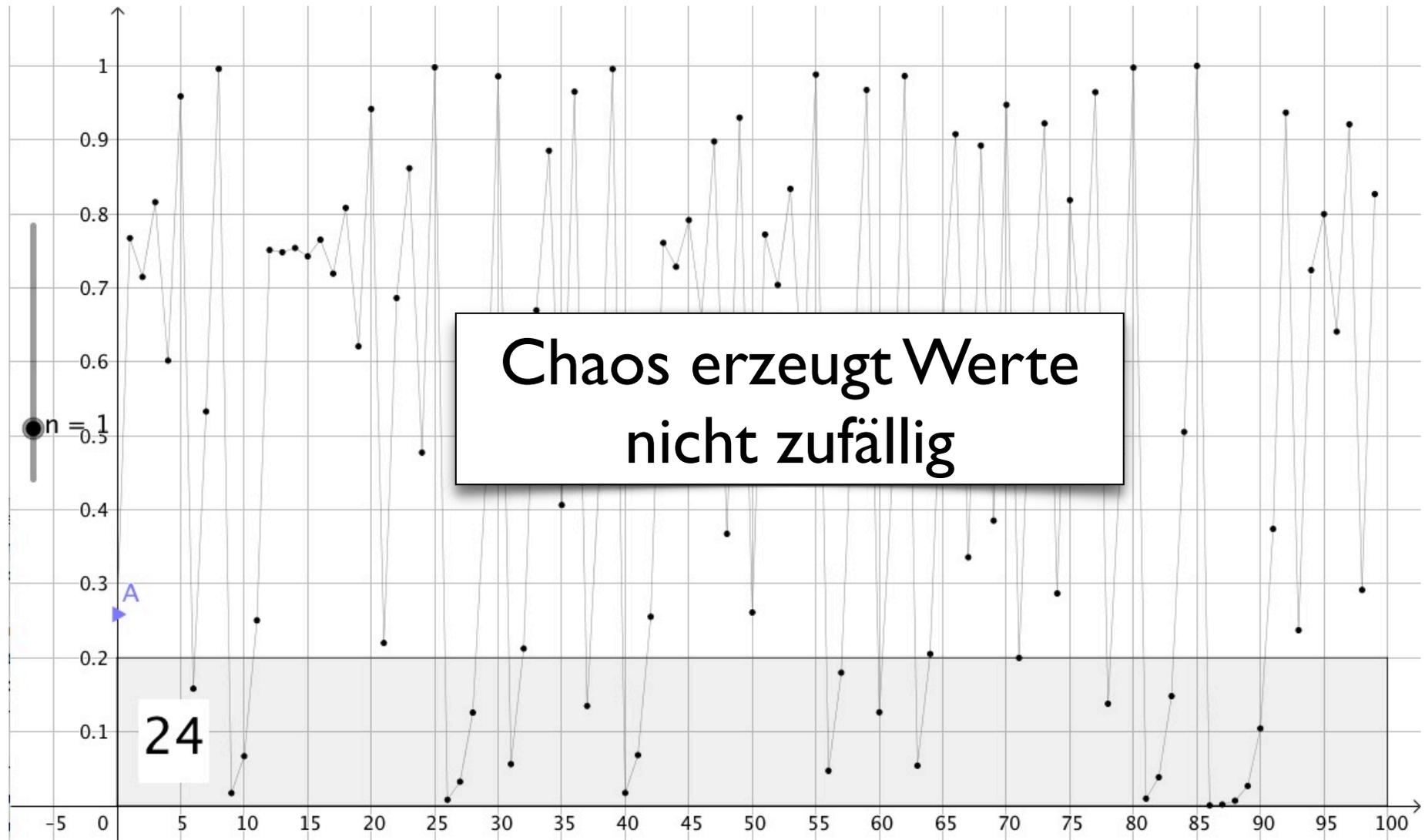


Das Chaos Pendel wurde nach Vorgaben des Bremer Physikers Prof. Dr. Peter Richter entworfen.

Es veranschaulicht, was Physiker unter deterministischem Chaos verstehen:  
eine Bewegung, die durch Gleichungen einfach zu beschreiben, jedoch nicht  
über einen längeren Zeitraum vorherzusagen ist.

Gestiftet von der Deutschen Aerospace AG, München, zur Expo 1992 in Sevilla

# Was Chaos nicht ist



Chaos\_Statistik.ggb

# Was ist Chaos?

Chaos ist eine Eigenschaft, die dynamische Systeme haben können.

Sie können stabil ablaufen.

Aber nur eine kleine Veränderung der internen Bedingung kann sie chaotisch ablaufen lassen.

Videokassette  
rotieren

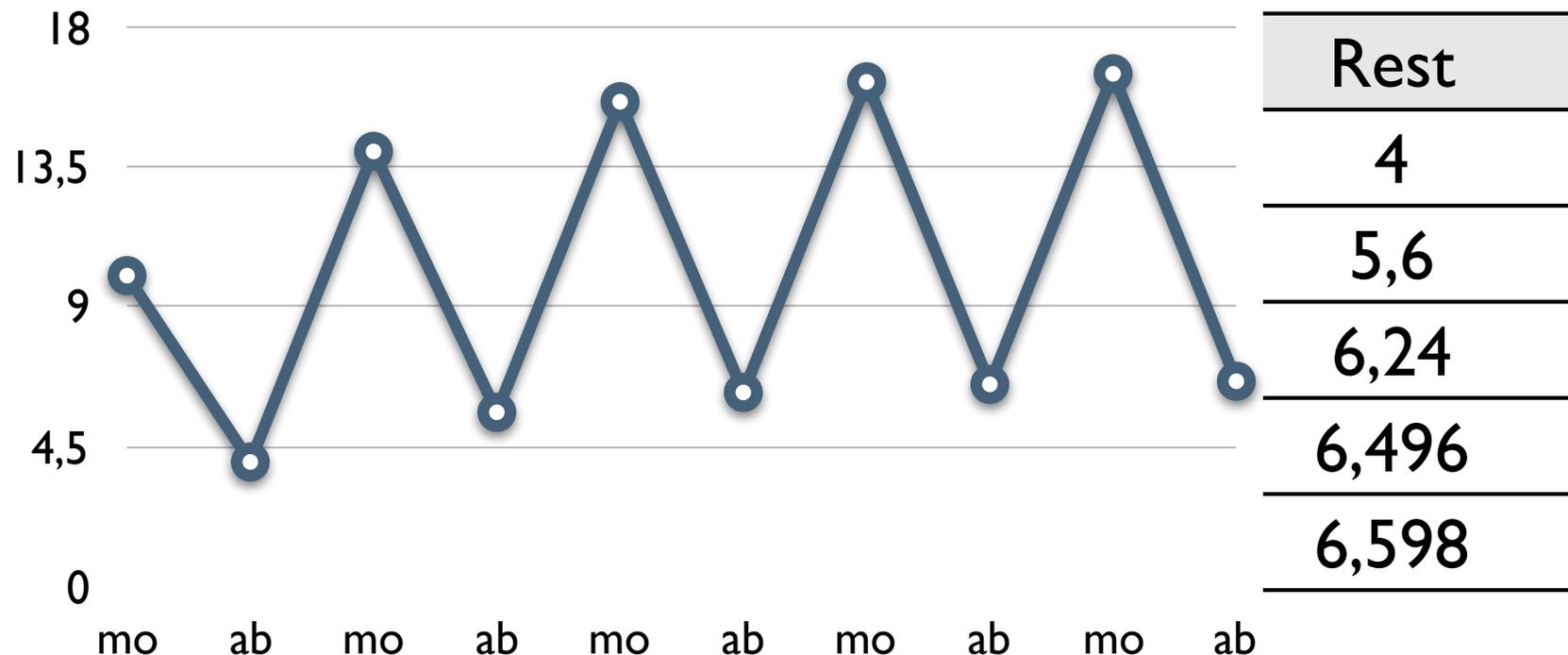
# Was ist ein dynamisches System?



# Beispiel für ein dynamisches System

Jemand nimmt jeden Morgen eine Tablette mit 10 mg Wirkstoff. Im Laufe des Tages (24 Stunden) werden 60% des im Körper vorhandenen Wirkstoffs abgebaut.

Auf welchen Wert pendelt sich der Wirkstoffpegel ein?



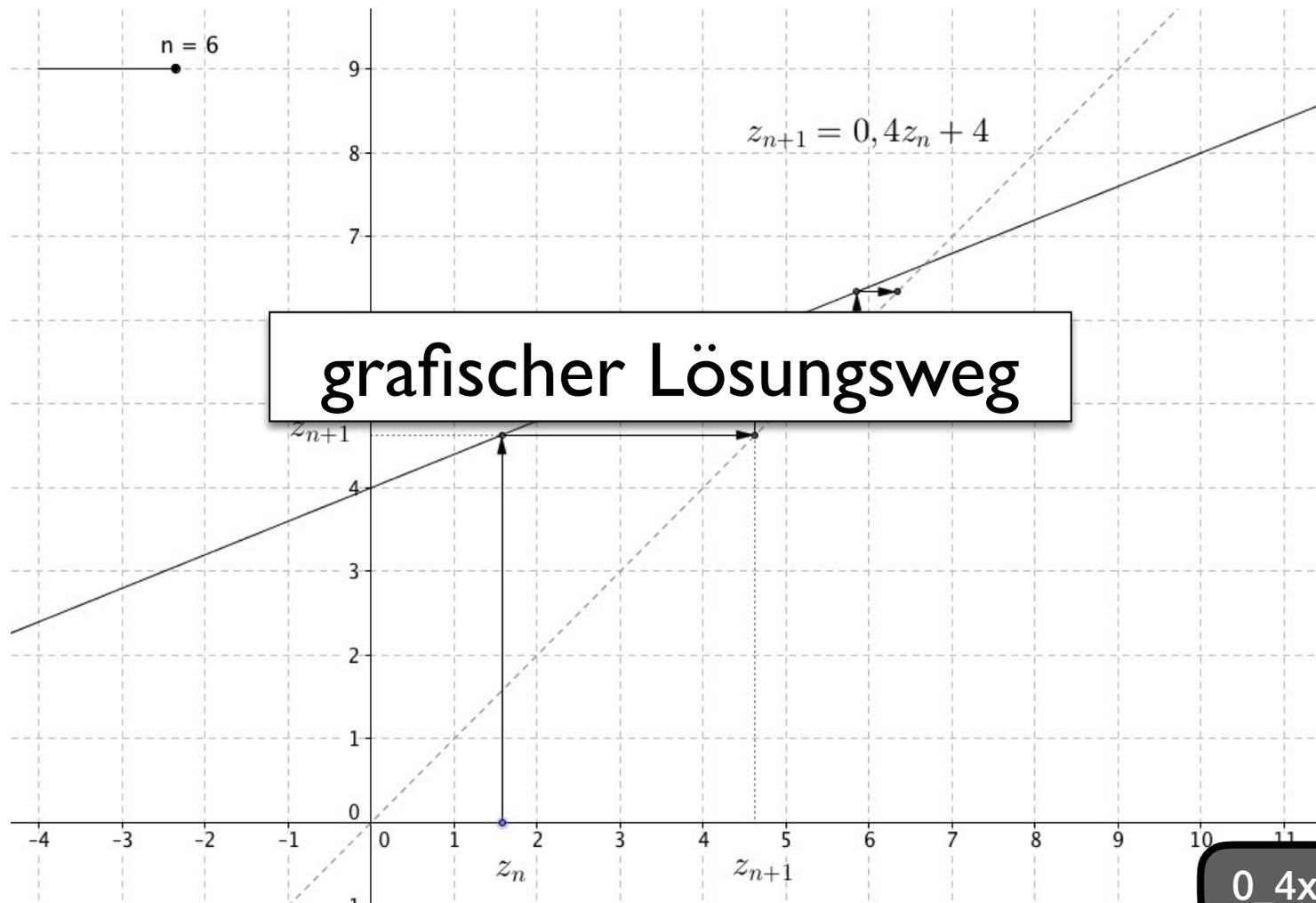
# Beispiel für ein dynamisches System

Bestand	+ 10	davon 60%	Rest
0	10	6	4
4	14	8,4	5,6
5,6	15,6	9,36	6,24
6,24	16,24	9,744	6,496
6,496	16,496	9,898	6,598

$$z_n \quad (z_n + 10) \quad (z_n + 10) \cdot 0,6 \quad (z_n + 10) - (z_n + 10) \cdot 0,6$$

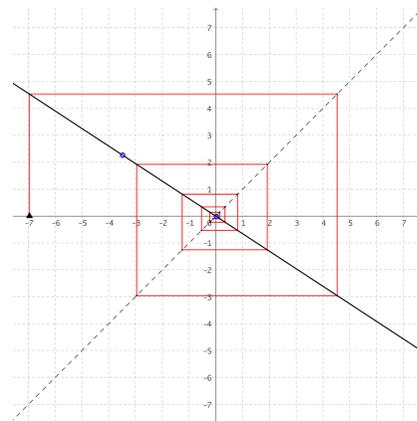
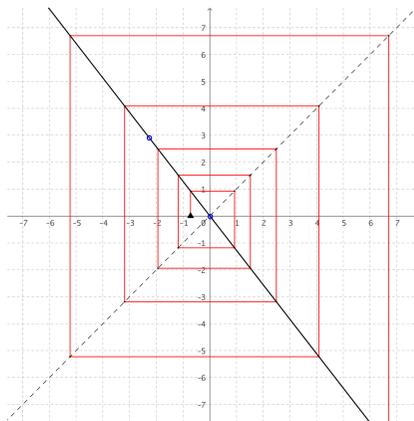
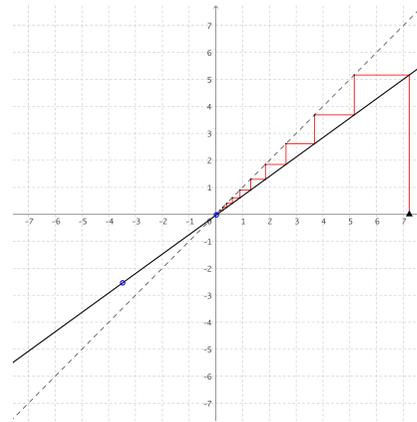
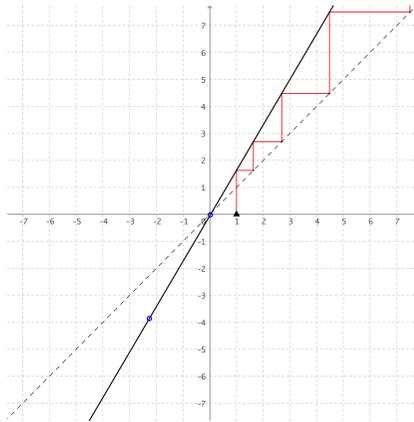
$$z_{n+1} = (z_n + 10) - (z_n + 10) \cdot 0,6 = 0,4z_n + 4$$

# Beispiel für ein dynamisches System



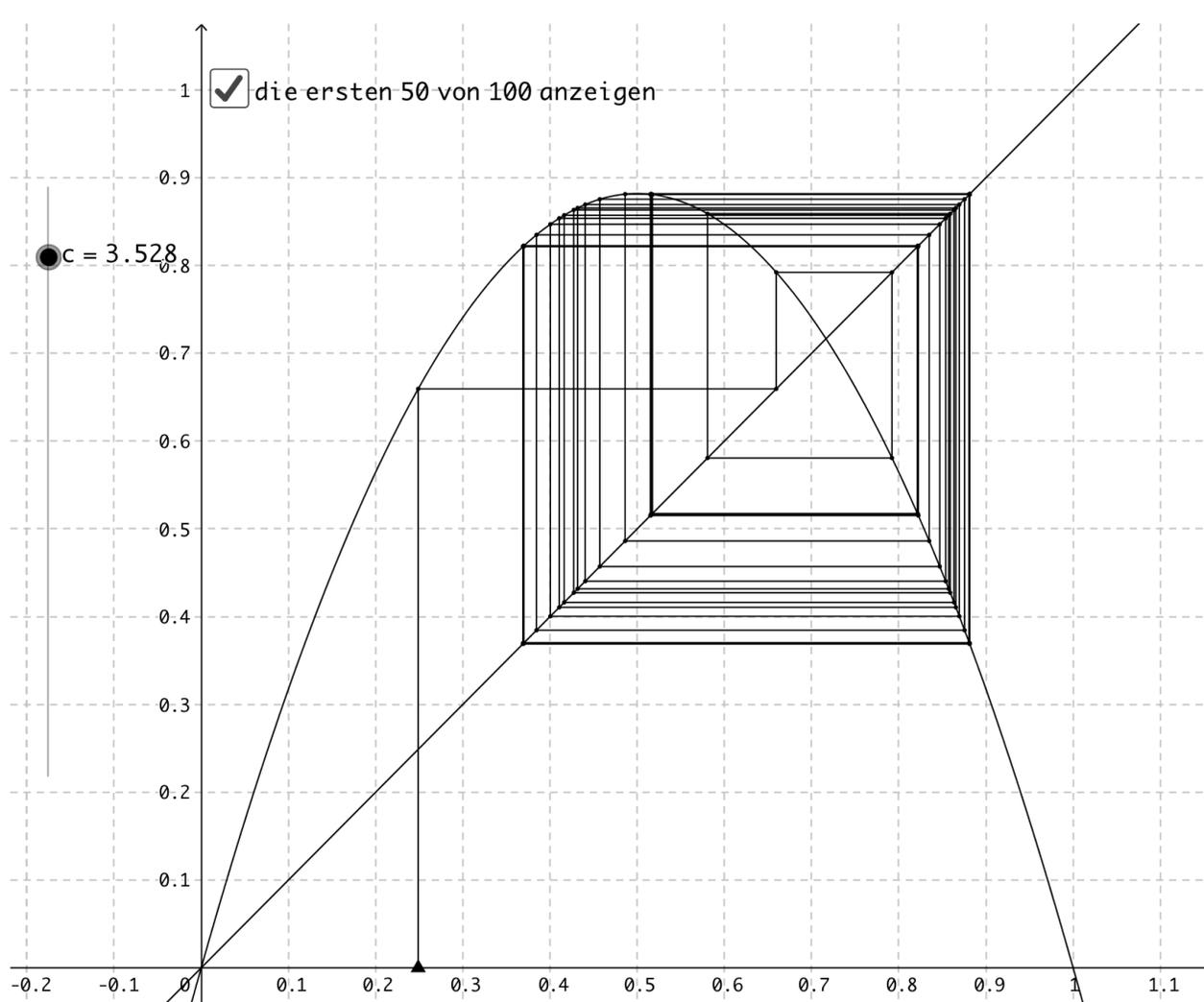
0\_4x+4Iter.ggb

# dynamische Systeme mit linearen Funktionen



linlter.ggb

# dynamische Systeme mit quadratischen Funktionen

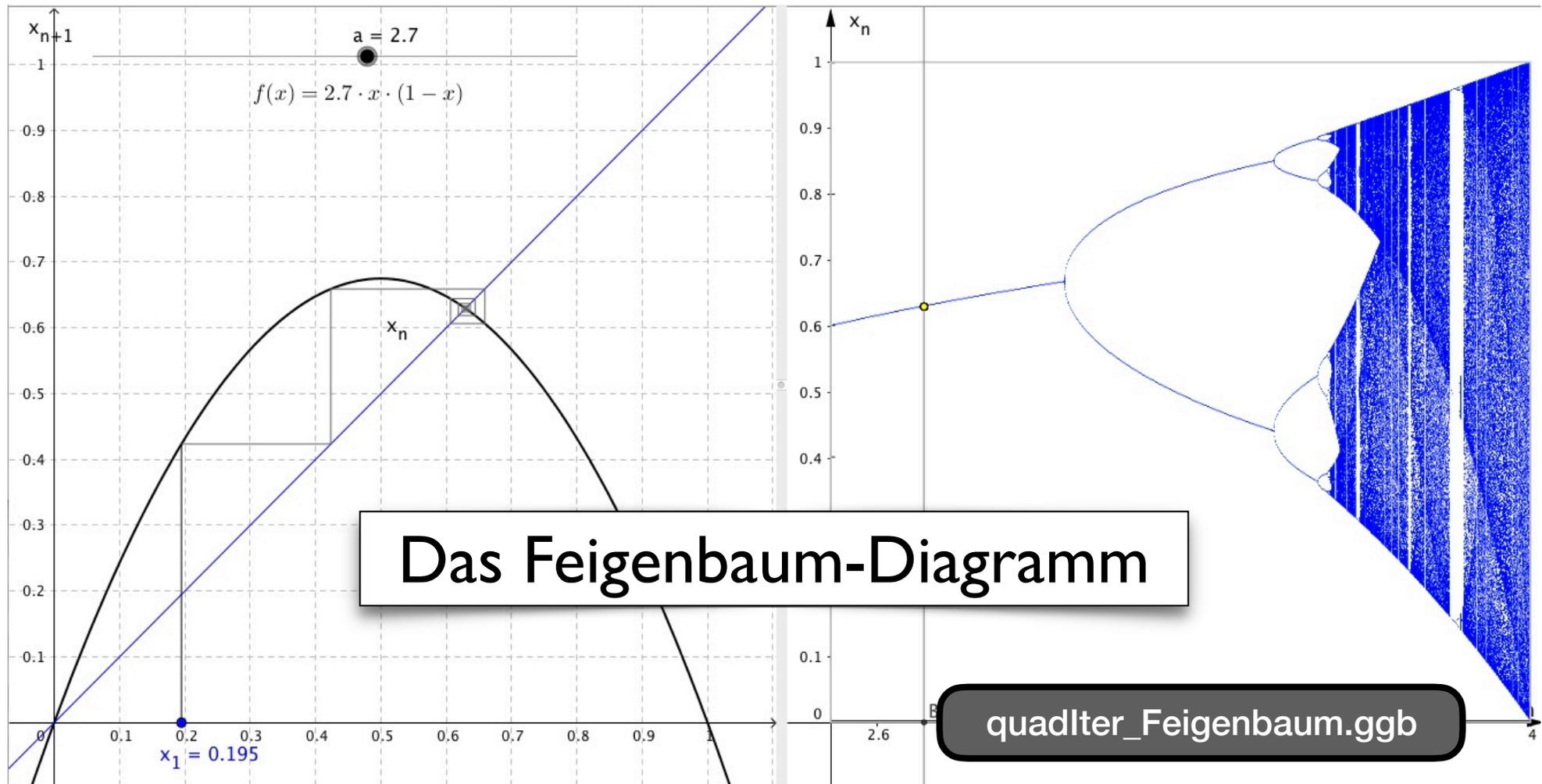


$$f(x) = cx(1-x)$$
$$1 \leq c \leq 4$$

quadlterCobWeb.ggb

quadlter\_Zeitreihe.ggb

# dynamische Systeme mit quadratischen Funktionen



Das Feigenbaum-Diagramm

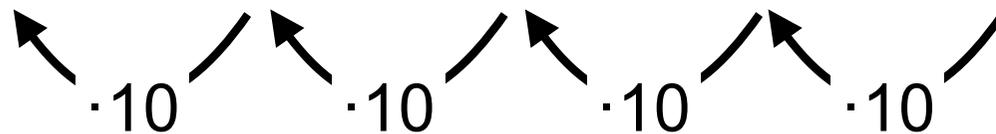
quadlter\_Feigenbaum.ggb

LogGl.app

# Zahlen im Zweiersystem

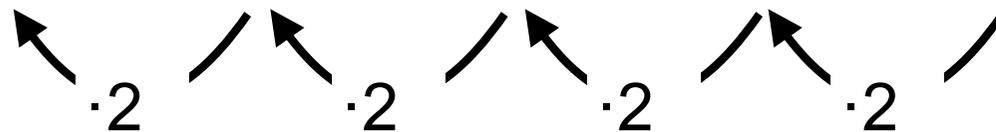
## Das Zehner-System

<b>Million</b>	<b>Hundert-tausend</b>	<b>Zehn-tausend</b>	<b>Tausend</b>	<b>Hundert</b>	<b>Zehn</b>	<b>Eins</b>
----------------	------------------------	---------------------	----------------	----------------	-------------	-------------



## Das Zweier-System

<b>Vierund-sechzig</b>	<b>Zweiund-dreißig</b>	<b>Sechzehn</b>	<b>Acht</b>	<b>Vier</b>	<b>Zwei</b>	<b>Eins</b>
------------------------	------------------------	-----------------	-------------	-------------	-------------	-------------



$$10011_2 = (16 + 2 + 1)_{10} = 19_{10}$$

$$12_{10} = (8 + 4)_{10} = 1100_2$$

# Zahlen im Zweiersystem

## Das Zehner-System

Tausend	Hundert	Zehn	Eins	,	Zehntel	Hundertstel	Tausendstel
---------	---------	------	------	---	---------	-------------	-------------



## Das Zweier-System

Acht	Vier	Zwei	Eins	.	Halbe	Viertel	Achtel
------	------	------	------	---	-------	---------	--------



$$1.0011_2 = \left(1 + \frac{1}{8} + \frac{1}{16}\right)_{10} = 1\frac{3}{16}_{10} = 1,1875_{10} \quad 0,2_{10} = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots\right)_{10} = \overline{0.0011}_2$$

# Zahlbereiche im Zweiersystem

## Das Zehner-System

