

Die wunderbare Welt des audioaktiven Zerfalls

Das Wachstum der Conway-Folge

1 Günter Rote, Freie Universität Berlin

11

21

1211

111221

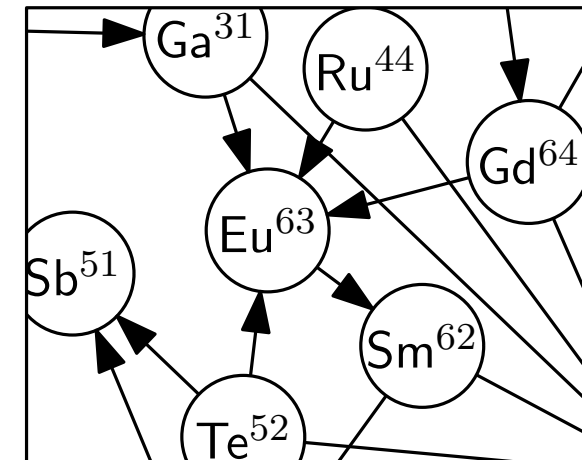
312211

13112221

1113213211

31131211131221

⋮



Die Sieh-und-sprich-Folge (look-and-say sequence)

55555

55

25

1215

11121115

31123115

132112132115

11131221121113122115

311311222112311311222115

1321132132211213211321322115

11131221131211132221121113122113121113222115

Die Sieh-und-sprich-Folge (look-and-say sequence)

55555 fünf Fünfen → 55

55

25

1215

11121115

31123115

132112132115

11131221121113122115

311311222112311311222115

1321132132211213211321322115

11131221131211132221121113122113121113222115

Die Sieh-und-sprich-Folge (look-and-say sequence)

55555 fünf Fünfen → 55

55 zwei Fünfen → 25

25

1215

11121115

31123115

132112132115

11131221121113122115

311311222112311311222115

1321132132211213211321322115

11131221131211132221121113122113121113222115

Die Sieh-und-sprich-Folge (look-and-say sequence)

55555 fünf Fünfen \rightarrow 55
55 zwei Fünfen \rightarrow 25
25 eine Zwei, eine Fünf \rightarrow 12,15

1215

11121115

31123115

132112132115

11131221121113122115

311311222112311311222115

1321132132211213211321322115

11131221131211132221121113122113121113222115

Die Sieh-und-sprich-Folge (look-and-say sequence)

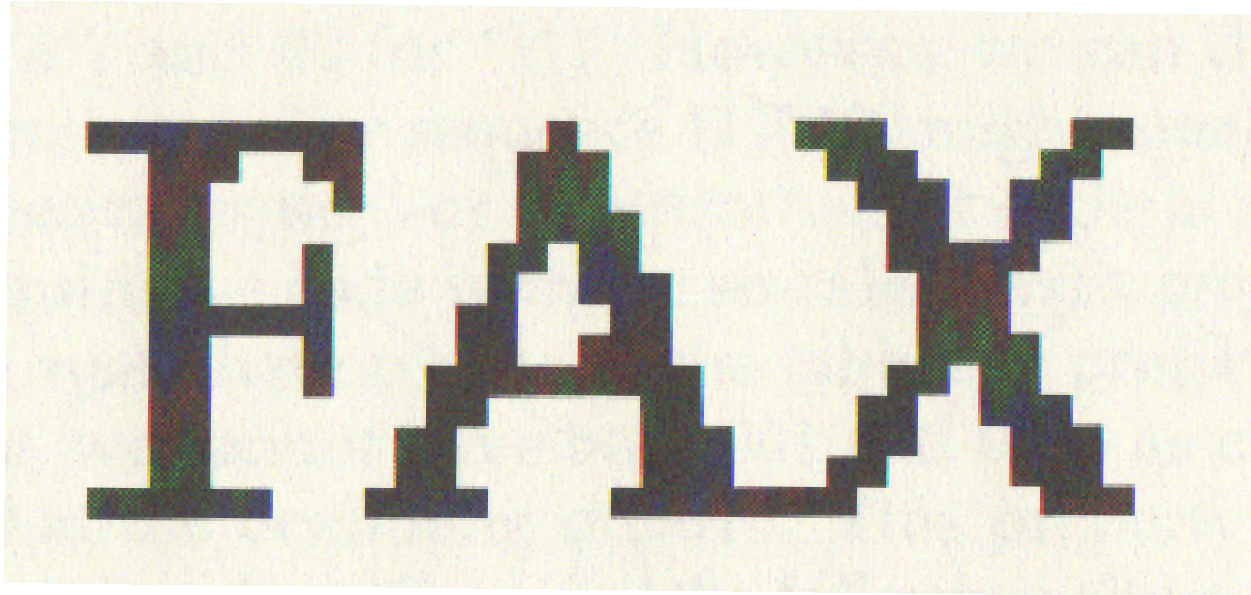
55555 fünf Fünfen \rightarrow 55
55 zwei Fünfen \rightarrow 25
25 eine Zwei, eine Fünf \rightarrow 12,15
1215 eine Eins, eine Zwei, eine Eins, eine Fünf \rightarrow 11,12,11,15
11121115
31123115
132112132115
11131221121113122115
311311222112311311222115
1321132132211213211321322115
11131221131211132221121113122113121113222115

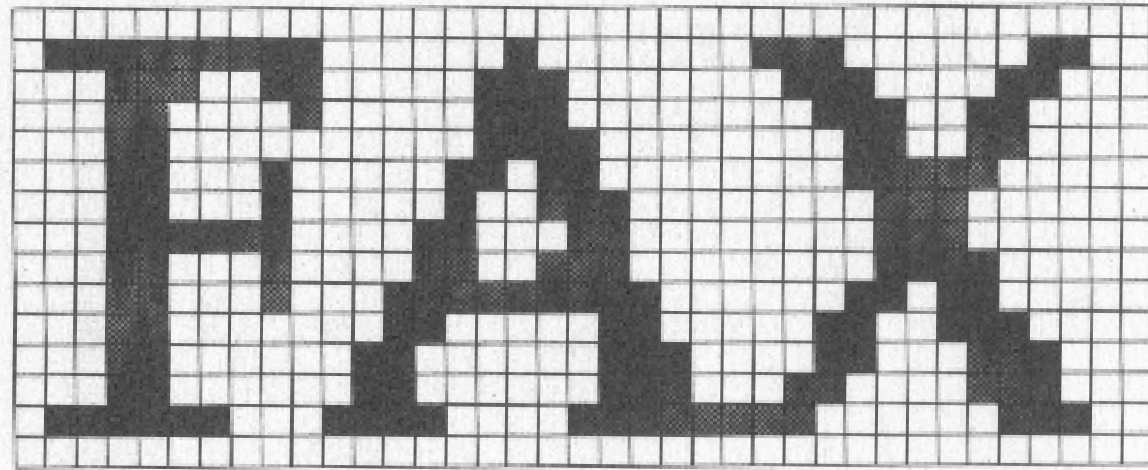
Die Sieh-und-sprich-Folge (look-and-say sequence)

55555 fünf Fünfen \rightarrow 55
55 zwei Fünfen \rightarrow 25
25 eine Zwei, eine Fünf \rightarrow 12,15
1215 eine Eins, eine Zwei, eine Eins, eine Fünf \rightarrow 11,12,11,15
11121115 drei Einsen, eine Zwei, drei Einsen, eine Fünf \rightarrow 31,12,31,15
31123115
132112132115
11131221121113122115
311311222112311311222115
1321132132211213211321322115
11131221131211132221121113122113121113222115

FAX

Lauf­längen­kodierung zur Daten­kompression





37□

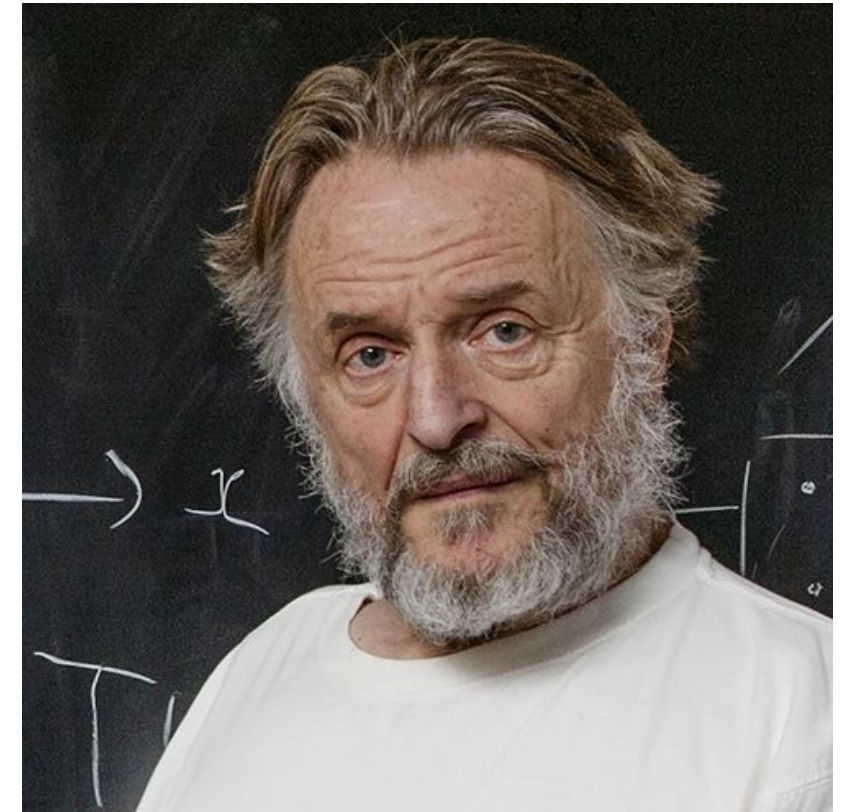
1□, 9■, 6□, 1■, 7□, 3■, 6□, 2■, 2□

3□, 3■, 2□, 2■, 5□, 3■, 7□, 3■, 4□, 2■, 3□

Laufängenkodierung ist ein Bestandteil von vielen Kompressionsverfahren (z. B. JPG).

John Horton Conway, geb. 1937
englischer Mathematiker, Universität Princeton (USA)

- hat die Conway-Folge nicht *erfunden*.
- hat ihre Wachstumseigenschaften untersucht.



5.11 THE WEIRD AND WONDERFUL CHEMISTRY OF AUDIOACTIVE DECAY

J. H. Conway

Department of Mathematics
Princeton University
Princeton, NJ 08544

1. Introduction

Suppose we start with a string of numbers (i.e., positive integers), say

5 5 5 5 5.

We might describe this in words in the usual way as "five fives," and write down the *derived* string

5 5.

This we describe as "two fives," so it yields the next derived string

2 5

publiziert 1986/87

→ Interview zu *look-and-say numbers*
auf Youtube

- Die Länge wächst exponentiell mit dem Faktor $\lambda \approx 1.30357$, egal womit man anfängt (außer mit 22).
- Der kosmologische Satz:
Nach spätestens 24 Tagen *zerfällt* jede Anfangsfolge in eine Verbindung aus nur noch 92 *Elementen* (plus 2 unendliche Familien von Elementen).

Die letzte Ziffer bleibt unverändert.

①

1①

2①

121①

11122①

312211

13112221

11132.13211

311312.11131221

1321131112.3113112211

11131221133112.132113212221

311311222.12.32112.111312211312113211

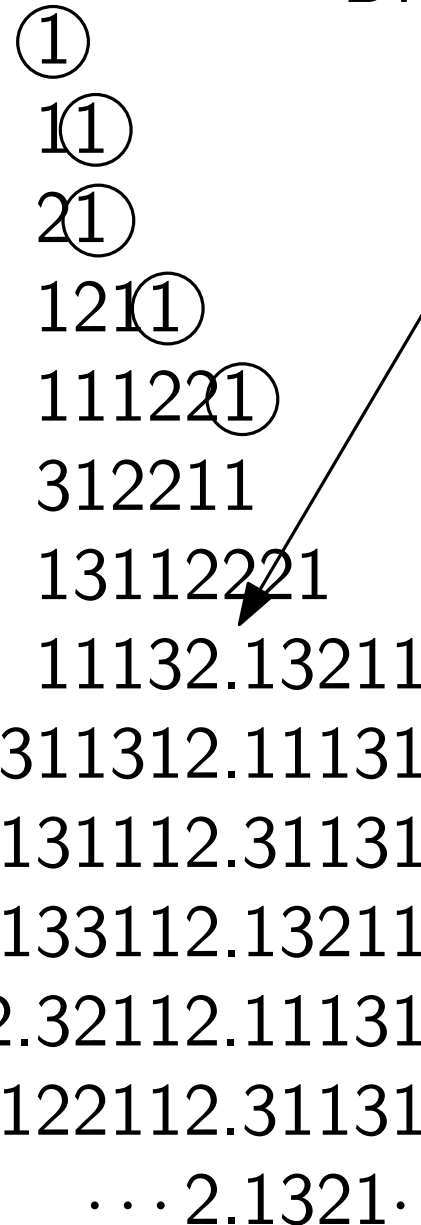
1321132.132.1112.13122112.311311222113111221131221

... 2.1321...

Manchmal kann man die Folge aufspalten, sodass sich beide Teile unabhängig entwickeln.

Abschnitte, die sich nicht aufspalten lassen, heißen *Atome* oder *Elemente*.

Die letzte Ziffer bleibt unverändert.



Manchmal kann man die Folge aufspalten, sodass sich beide Teile unabhängig entwickeln.

Abschnitte, die sich nicht aufspalten lassen, heißen *Atome* oder *Elemente*.

Spaltung oder nicht?

- Es reicht, 9 Tage in die Zukunft zu schauen.
- Man kann es auch an den ersten 6 Ziffern erkennen.

Die 92 Elemente von Uran ($_{92}\text{U}$) bis Wasserstoff ($_1\text{H}$)

The Periodic Table (Uranium to Silver)

abundance	n	E_n	E_n inside the derivate of E_{n+1}
102.56285249	92	U	3
9883.5986392	91	Pa	13
7581.9047125	90	Th	1113
6926.9352045	89	Ac	3113
5313.7894999	88	Ra	132113
4076.3134078	87	Fr	1113122113
3127.0209328	86	Rn	311311222113
2398.7998311	85	At	Ho.1322113
1840.1669683	84	Po	1113222113
1411.6286100	83	Bi	3113322113
1082.8883285	82	Pb	Pm.123222113
830.70513293	81	Tl	111213322113
637.25039755	80	Hg	31121123222113
488.84742982	79	Au	132112211213322113
375.00456738	78	Pt	111312212221121123222113
287.67344775	77	Ir	3113112211322112211213322113
220.68001229	76	Os	1321132122211322212221121123222113
169.28801808	75	Re	111312211312113221133211322112211213322113
315.56655252	74	W	Ge.Ca.312211322212221121123222113
242.07736666	73	Ta	13112221133211322112211213322113
2669.0970363	72	Hf	11132.Pa.H.Ca.W
2047.5173200	71	Lu	311312
1570.6911808	70	Yb	1321131112
1204.9083841	69	Tm	11131221133112
1098.5955997	68	Er	311311222.Ca.Co
47987.529438	67	Ho	1321132.Pm
36812.186418	66	Dy	111312211312
28239.358949	65	Tb	3113112221131112
21662.972821	64	Gd	Ho.13221133112
20085.668709	63	Eu	1113222.Ca.Co.
15408.115182	62	Sm	311332
29820.456167	61	Pm	132.Ca.Zn
22875.863883	60	Nd	111312
17548.529287	59	Pr	31131112
13461.825166	58	Ce	1321133112
10326.833312	57	La	11131.H.Ca.Co
7921.9188284	56	Ba	311311
6077.0611889	55	Cs	13211321
4661.8342720	54	Xe	11131221131211
3576.1856107	53	I	311311222113111221
2743.3629718	52	Te	Ho.1322113312211
2104.4881933	51	Sb	Eu.Ca.3112221
1614.3946687	50	Sn	Pm.13211
1238.4341972	49	In	11131221
950.02745646	48	Cd	3113112211
728.78492056	47	Ag	132113212221

The Periodic Table (Palladium to Hydrogen)

abundance	n	E_n	E_n inside the derivate of E_{n+1}
559.06537946	46	Pd	111312211312113211
428.87015041	45	Rh	311311222113111221131221
328.99480576	44	Ru	Ho.132211331222113112211
386.07704943	43	Tc	Eu.Ca.311322113212221
296.16736852	42	Mo	13211322211312113211
227.19586752	41	Nb	1113122113322113111221131221
174.28645997	40	Zr	Er.12322211331222113112211
133.69860315	39	Y	1112133.H.Ca.Tc
102.56285249	38	Sr	3112112.U
78.678000089	37	Rb	1321122112
60.355455682	36	Kr	11131221222112
46.299868152	35	Br	3113112211322112
35.517547944	34	Se	13211321222113222112
27.246216076	33	As	11131221131211322113322112
1887.4372276	32	Ge	31131122211311122113222.Na
1447.8905642	31	Ga	Ho.13221133122211332
23571.391336	30	Zn	Eu.Ca.Ac.H.Ca.312
18082.082203	29	Cu	131112
13871.124200	28	Ni	11133112
45645.877256	27	Co	Zn.32112
35015.858546	26	Fe	13122112
26861.360180	25	Mn	111311222112
20605.882611	24	Cr	31132.Si
15807.181592	23	V	13211312
12126.002783	22	Ti	11131221131112
9302.0974443	21	Sc	3113112221133112
56072.543129	20	Ca	Ho.Pa.H.12.Co
43014.360913	19	K	1112
32997.170122	18	Ar	3112
25312.784218	17	Cl	132112
19417.939250	16	S	1113122112
14895.886658	15	P	311311222112
32032.812960	14	Si	Ho.1322112
24573.006696	13	Al	1113222112
18850.441228	12	Mg	3113322112
14481.448773	11	Na	Pm.123222112
11109.006821	10	Ne	111213322112
8521.9396539	9	F	31121123222112
6537.3490750	8	O	132112211213322112
5014.9302464	7	N	111312212221121123222112
3847.0525419	6	C	31131122211322112211213322112
2951.1503716	5	B	1321132122211322212221121123222112
2263.8860325	4	Be	111312211312113221133211322112211213322112
4220.0665982	3	Li	Ge.Ca.312211322212221121123222112
3237.2968588	2	He	13112221133211322112211213322112
91790.383216	1	H	Hf.Pa.22.Ca.Li

Die 92 Elemente von Uran ($_{92}\text{U}$) bis Wasserstoff ($_1\text{H}$)

The Periodic Table (Uranium to Silver)

abundance	n	E_n	E_n inside the derivate of E_{n+1}
102.56285249	92	U	3
9883.5986392	91	Pa	13
7581.9047125	90	Th	1113
6926.9352045	89	Ac	3113
5313.7894999	88	Ra	132113
4076.3134078	87	Fr	1113122113
3127.0209328	86	Rn	311311222113
2398.7998311	85	At	Ho.1322113
1840.1669683	84	Po	1113222113
1411.6286100	83	Bi	3113322113
1082.8883285	82	Pb	Pm.123222113
830.70513293	81	Tl	111213322113
637.25039755	80	Hg	31121123222113
488.84742982	79	Au	132112211213322113
375.00456738	78	Pt	111312212221121123222113
287.67344775	77	Ir	3113112211322112211213322113
220.68001229	76	Os	1321132122211322212221121123222113
169.28801808	75	Re	111312211312113221133211322112211213322113
315.56655252	74	W	Ge.Ca.312211322212221121123222113
242.07736666	73	Ta	13112221133211322112211213322113
2669.0970363	72	Hf	11132.Pa.H.Ca.W
2047.5173200	71	Lu	311312
1570.6911808	70	Yb	1321131112
1204.9083841	69	Tm	11131221133112
1098.5955997	68	Er	311311222.Ca.Co
47987.529438	67	Ho	1321132.Pm
36812.186418	66	Dy	111312211312
28239.358949	65	Tb	3113112221131112
21662.972821	64	Gd	Ho.13221133112
20085.668709	63	Eu	1113222.Ca.Co.
15408.115182	62	Sm	311332
29820.456167	61	Pm	132.Ca.Zn
22875.863883	60	Nd	111312
17548.529287	59	Pr	31131112
13461.825166	58	Ce	1321133112
10326.833312	57	La	11131.H.Ca.Co
7921.9188284	56	Ba	311311
6077.0611889	55	Cs	13211321
4661.8342720	54	Xe	11131221131211
3576.1856107	53	I	311311222113111221
2743.3629718	52	Te	Ho.1322113312211
2104.4881933	51	Sb	Eu.Ca.3112221
1614.3946687	50	Sn	Pm.13211
1238.4341972	49	In	11131221
950.02745646	48	Cd	3113112211
728.78492056	47	Ag	132113212221

The Periodic Table (Palladium to Hydrogen)

abundance	n	E_n	E_n inside the derivate of E_{n+1}
559.06537946	46	Pd	111312211312113211
428.87015041	45	Rh	311311222113111221131221
20605.882611	24	Cr	31132.Si
15807.181592	23	V	13211312
12126.002783	22	Ti	11131221131112
9302.0974443	21	Sc	3113112221133112
56072.543129	20	Ca	Ho.Pa.H.12.Co
43014.360913	19	K	1112
32997.170122	18	Ar	3112
25312.784218	17	Cl	132112
19417.939250	16	S	1113122112
14895.886658	15	P	311311222112
32032.812960	14	Si	Ho.1322112
24573.006696	13	Al	1113222112
18850.441228	12	Mg	3113322112
14481.448773	11	Na	Pm.123222112
11109.006821	10	Ne	111213322112
8521.9396539	9	F	31121123222112
6537.3490750	8	O	132112211213322112
5014.9302464	7	N	111312212221121123222112
3847.0525419	6	C	31131122211322112211213322112
2951.1503716	5	B	1321132122211322212221121123222112
2263.8860325	4	Be	111312211312113221133211322112211213322112
4220.0665982	3	Li	Ge.Ca.312211322212221121123222112
3237.2968588	2	He	13112221133211322112211213322112
91790.383216	1	H	Hf.Pa.22.Ca.Li

Die Transurane Plutonium und Neptunium:

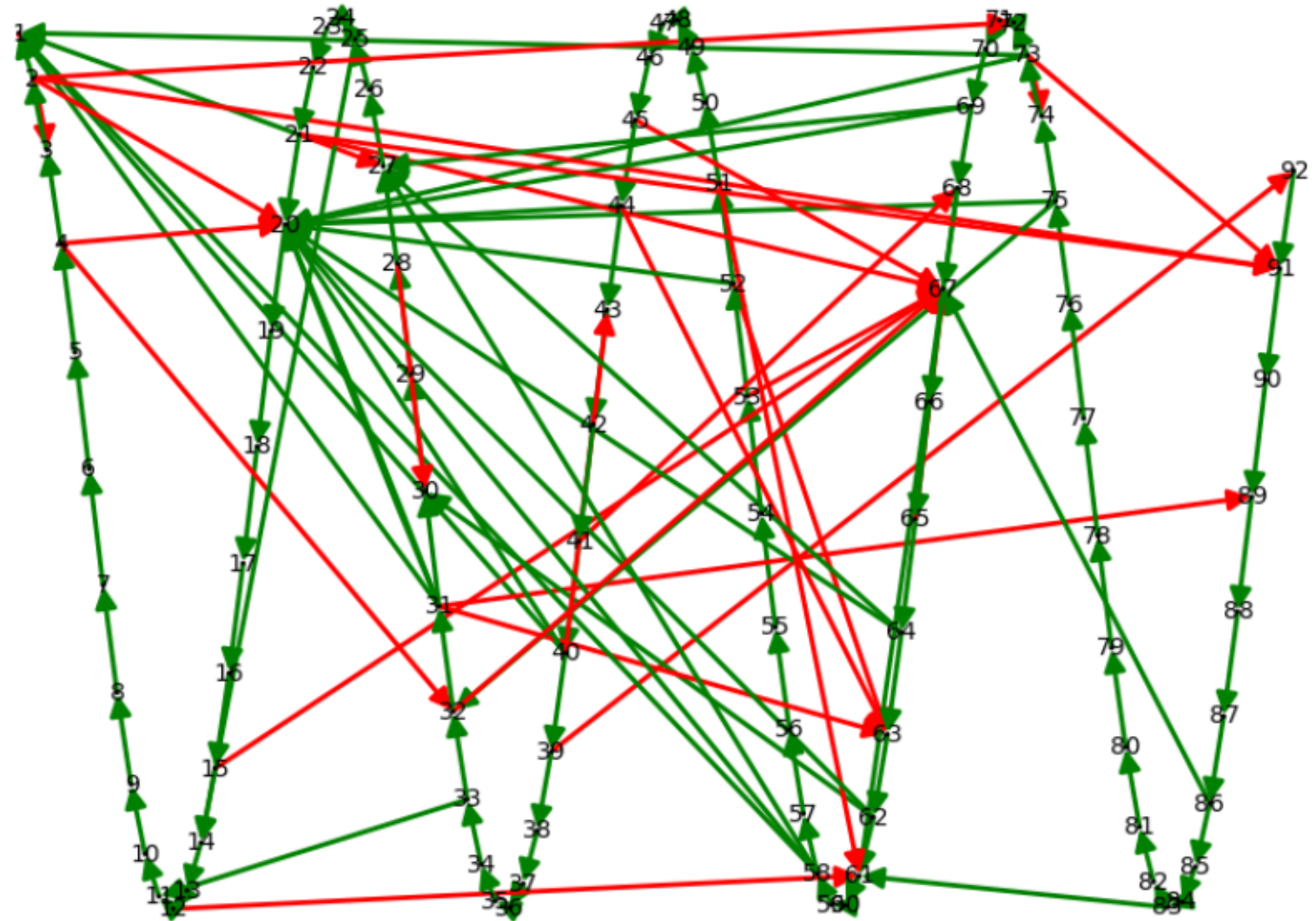
$$\text{Pu}_n = 31221132221222112112322211n$$

$$\text{Np}_n = 1311222113321132211221121332211n,$$
 für jedes $n > 3$ (Isotope).
 Zerfall: $\text{Pu}_n \rightarrow \text{Np}_n \rightarrow \text{Hf.Pa.H.Ca.Pu}_n$

Die 92 Elemente von Uran ($_{92}\text{U}$) bis Wasserstoff ($_1\text{H}$)

The Periodic Table (Uranium to Silver)

abundance	n	E_n	E_n inside the derivate of E_{n+1}
102.56285249	92	U	3
9883.5986392	91	Pa	13
7581.9047125	90	Th	1113
6926.9352045	89	Ac	3113
5313.7894999	88	Ra	132113
4076.3134078	87	Fr	1113122113
3127.0209328	86	Rn	311311222113
2398.7998311	85	At	Ho.1322113
1840.1669683	84	Po	1113222113
1411.6286100	83	Bi	3113322113
1082.8883285	82	Pb	Pm.123222113
830.70513293	81	Tl	111213322113
637.25039755	80	Hg	31121123222113
488.84742982	79	Au	132112211213322113
375.00456738	78	Pt	111312212221121123222113
287.67344775	77	Ir	3113112211322112211213322113
220.68001229	76	Os	1321132122211322212221121123222113
169.28801808	75	Re	111312211312113221133211322112211213322113
315.56655252	74	W	Ge.Ca.312211322212221121123222113
242.07736666	73	Ta	13112221133211322112211213322113
2669.0970363	72	Hf	11132.Pa.H.Ca.W
2047.5173200	71	Lu	311312
1570.6911808	70	Yb	1321131112
1204.9083841	69	Tm	11131221133112
1098.5955997	68	Er	311311222.Ca.Co
47987.529438	67	Ho	1321132.Pm
36812.186418	66	Dy	111312211312
28239.358949	65	Tb	3113112221131112
21662.972821	64	Gd	Ho.13221133112
20085.668709	63	Eu	1113222.Ca.Co.
15408.115182	62	Sm	311332
29820.456167	61	Pm	132.Ca.Zn
22875.863883	60	Nd	111312
17548.529287	59	Pr	31131112
13461.825166	58	Ce	1321133112
10326.833312	57	La	11131.H.Ca.Co
7921.9188284	56	Ba	311311
6077.0611889	55	Cs	13211321
4661.8342720	54	Xe	11131221131211
3576.1856107	53	I	311311222113111221
2743.3629718	52	Te	Ho.1322113312211
2104.4881933	51	Sb	Eu.Ca.3112221
1614.3946687	50	Sn	Pm.13211
1238.4341972	49	In	11131221
950.02745646	48	Cd	3113112211
728.78492056	47	Ag	132113212221



siehe auch Zeichnung von Mario Hilgemeier,
<http://www.se16.info/js/lands4.htm>

So far, I can proudly say that this magnificent theory is essentially all my own work. However, the next theorem, the finest achievement so far in Audioactive Chemistry, is the result of the combined labors of three brilliant investigators.

The Cosmological Theorem.

Any string decays into a compound of common and transuranic elements after a bounded number of derivation steps. As a consequence, every string other than the two boring ones increases at the magic rate λ , and the relative abundances of the atoms in its descendants approach the values we have already described.

Proof of the Cosmological Theorem would fill the rest of this book! Richard Parker and I found a proof over a period of about a month of very intensive work (or, rather, play!). We first produced a very subtle and complicated argument, which (almost) reduced the problem to tracking a few hundred cases, and then handled these on dozens of sheets of paper (now lost). Mike Guy found a simpler proof that used tracking and back-tracking in roughly equal proportions. Guy's proof still filled lots of pages (almost all lost) but had the advantage that it found the longest-lived of the exotic elements, namely, the isotopes of *Methuselum* ($2233322211n$; see Figure 2). Can you find a proof in only a few pages? Please!

So far, I can proudly say that this magnificent theory is essentially all my own work. However, the next theorem, the finest achievement so far in Audioactive Chemistry, is the result of the combined labors of three brilliant investigators.

The Cosmological Theorem.

Any string decays into a compound of common and transuranic elements after a bounded number of derivation steps. As a consequence, *every* string other than the two boring ones increases at the magic rate λ , and the relative abundances of the atoms in its descendants approach the values we have already described.

Proof of the Cosmological Theorem would fill the rest of this book! Richard Parker and I found a proof over a period of about a month of very intensive work (or, rather, play!). We first produced a very subtle and complicated argument, which (almost) reduced the problem to tracking a few hundred cases, and then handled these on dozens of sheets of paper (now lost). Mike Guy found a simpler proof that used tracking and back-tracking in roughly equal proportions. Guy's proof still filled lots of pages (almost all lost) but had the advantage that it found the longest-lived of the exotic elements, namely, the isotopes of *Methuselum* ($2233322211n$; see Figure 2). Can you find a proof in only a few pages? Please!

So far, I can proudly say that this magnificent theory is essentially all my own work. However, the next theorem, the finest achievement so far in Audioactive Chemistry, is the result of the combined labors of three brilliant investigators.

The Cosmological Theorem.

Any string decays into a compound of common and transuranic elements after a bounded number of derivation steps. As a consequence, every string other than the two boring ones increases at the magic rate λ , and the relative abundances of the atoms in its descendants approach the values we have already described.

Proof of the Cosmological Theorem would fill the rest of this book! Richard Parker and I found a proof over a period of about a month of very intensive work (or, rather, play!). We first produced a very subtle and complicated argument, which (almost) reduced the problem to tracking a few hundred cases, and then handled these on dozens of sheets of paper (now lost). Mike Guy found a simpler proof that used tracking and back-tracking in roughly equal proportions. Guy's proof still filled lots of pages (almost all lost) but had the advantage that it found the longest-lived of the exotic elements, namely, the isotopes of *Methuselum* ($2233322211n$; see Figure 2). Can you find a proof in only a few pages? Please!

Bis heute gibt es nur computergestützte Beweise:

- 1) Shalosh B. Ekhad und Doron Zeilberger, 1997
- 2) R. A. Litherland, 2003 (2 Beweise)
- 3) Kevin Watkins, 2006 (!)

Computergestützte Beweise

1) Shalosh B. Ekhad und Doron Zeilberger, 1997

Idee: Zurückverfolgen von Teilfolgen am Tag T

Programmiersprache: MAPLE, ca. 2000 Programmzeilen

Laufzeit (2017): $1\frac{1}{4}$ Stunden

Kann die Folge $\dots 31223123\dots$ am Tag 10 existieren?

$\dots, 31, 22, 31, 23, \dots$ oder $\dots 3, 12, 23, 12, 3, \dots$

Tag 9:

$\dots 1112211133\dots$ $\dots 32332\dots$



Doron Zeilberger

1) Shalosh B. Ekhad und Doron Zeilberger, 1997

Idee: Zurückverfolgen von Teilfolgen am Tag T

Programmiersprache: MAPLE, ca. 2000 Programmzeilen

Laufzeit (2017): $1\frac{1}{4}$ Stunden

Kann die Folge $\dots 31223123\dots$ am Tag 10 existieren?

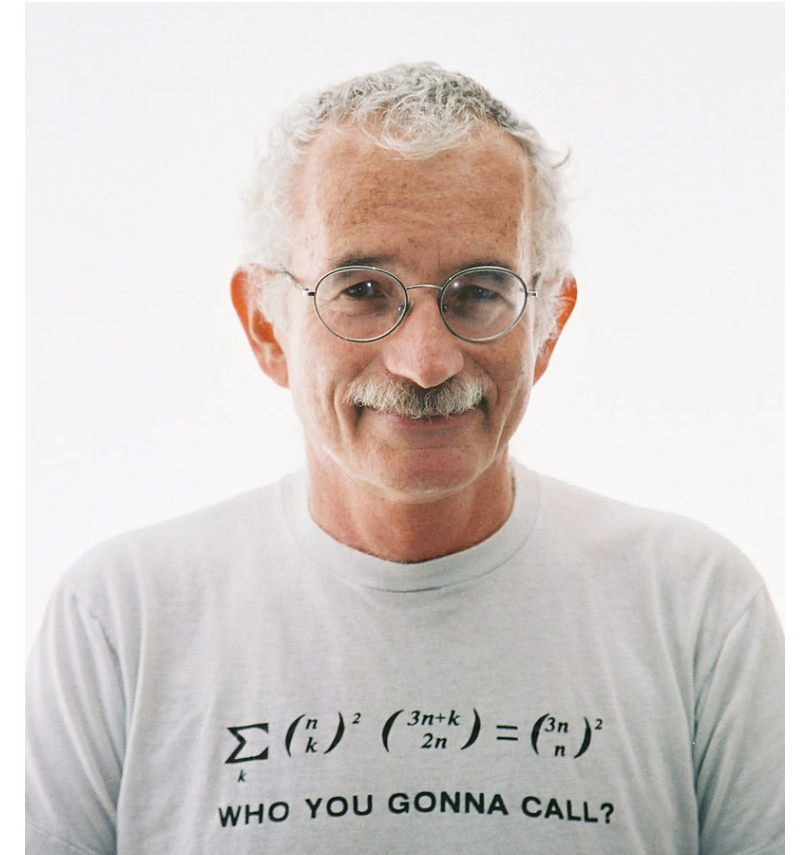
$\dots, 31, 22, 31, 23, \dots$ oder $\dots 3, 12, 23, 12, 3, \dots$

Tag 9:

$\dots 1112211133\dots$ $\dots 32332\dots$

$\dots, 11, 12, 21, 11, 33, \dots$ oder $\dots 1, 11, 22, 11, 13, 3, \dots$

Tag 8?



Doron Zeilberger

1) Shalosh B. Ekhad und Doron Zeilberger, 1997

Idee: Zurückverfolgen von Teilfolgen am Tag T

Programmiersprache: MAPLE, ca. 2000 Programmzeilen

Laufzeit (2017): $1\frac{1}{4}$ Stunden

Kann die Folge $\dots 31223123\dots$ am Tag 10 existieren?

$\dots, 31, 22, 31, 23, \dots$ oder $\dots 3, 12, 23, 12, 3, \dots$

Tag 9:

$\dots 1112211133\dots$

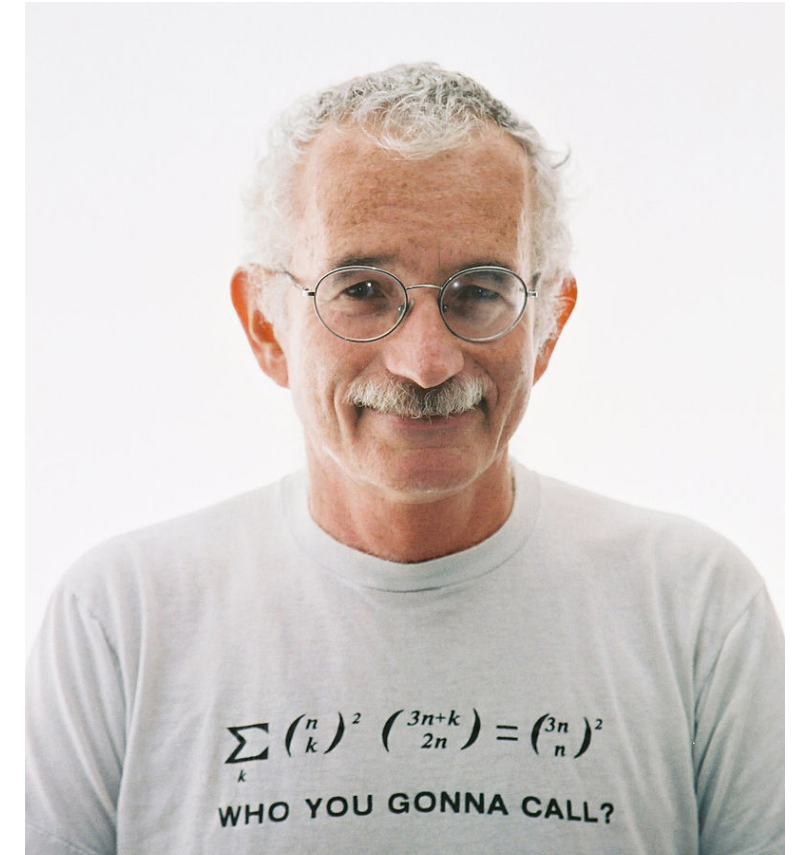
$\dots 32332\dots$

$\dots, 11, 12, 21, 11, 33, \dots$ oder $\dots 1, 1, 22, 11, 13, 3, \dots$

×

×

Tag 8?



Doron Zeilberger

1) Shalosh B. Ekhad und Doron Zeilberger, 1997

Idee: Zurückverfolgen von Teilfolgen am Tag T

Programmiersprache: MAPLE, ca. 2000 Programmzeilen

Laufzeit (2017): $1\frac{1}{4}$ Stunden

Neuprogrammierungen derselben Idee:

1a) R. A. Litherland, 2003

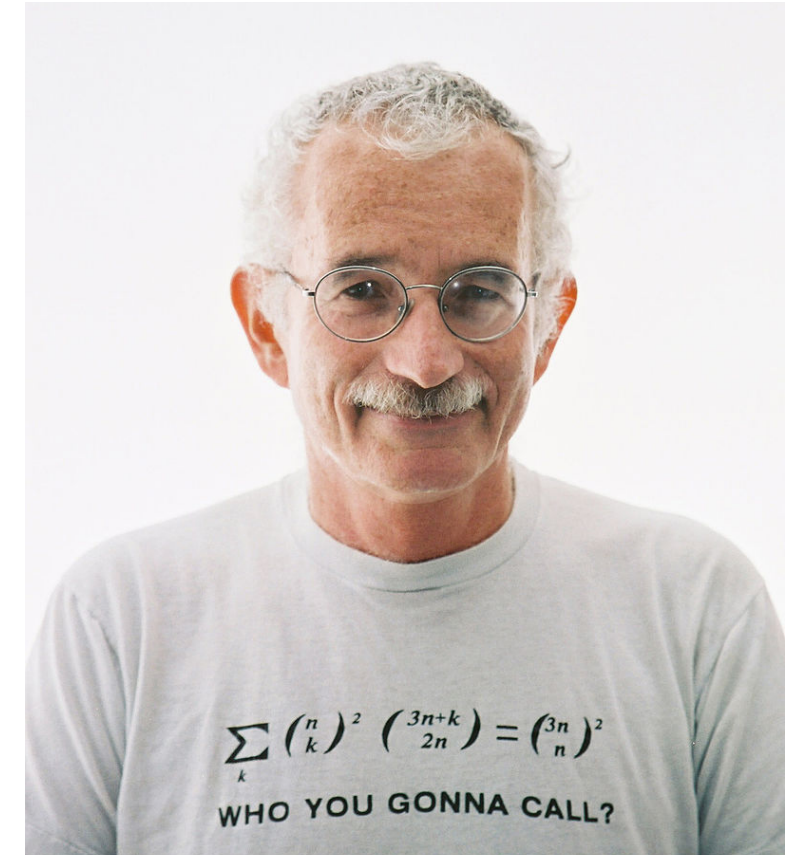
Programmiersprache: C, ca. 1000 Programmzeilen

Laufzeit: 20 min (2003), 3 min (2017)

1b) G. Rote, 2017

Programmiersprache: HASKELL, ca. 150 Programmzeilen

Laufzeit: 1 min



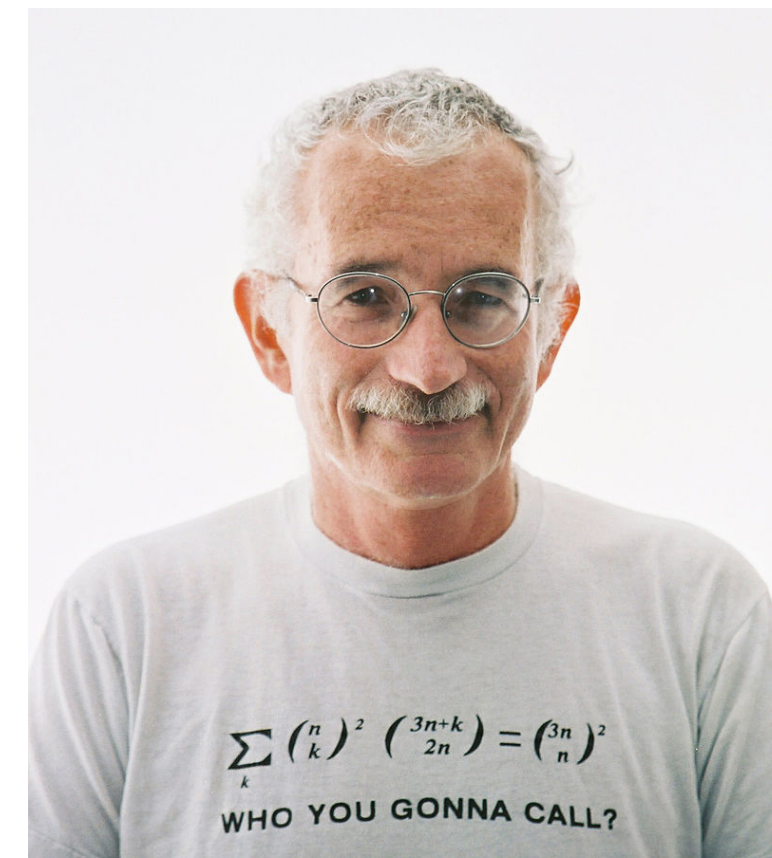
Doron Zeilberger

1) Shalosh B. Ekhad und Doron Zeilberger, 1997

Idee: Zurückverfolgen von Teilfolgen am Tag T

Programmiersprache: MAPLE, ca. 2000 Programmzeilen

Laufzeit (2017): $1\frac{1}{4}$ Stunden



Doron Zeilberger

Unabhängiger Ansatz:

2) R. A. Litherland, 2003/2006

10 Seiten Beweis und Computerprogramm zum Behandeln der verbleibenden Fälle.

Programmiersprache: C, ca. 1000 Programmzeilen

Laufzeit: 1 sec (2017)

3) Kevin Watkins, 2006

Idee: Genügend lange Anfangsstücke reichen, um alle Atome zu finden.

Programmiersprache: HASKELL, ca. 100 Programmzeilen

Laufzeit (2017): 5 min

Adaptierung dieses Programms:

3b) G. Rote, 2017

Programmiersprache: HASKELL, ca. 150 Programmzeilen

Laufzeit: $1\frac{1}{2}$ min

- Bis zu Tag 8 gibt es unendlich viele mögliche Elemente.
- Ab Tag 9 gibt es nur mehr endlich viele:

Tag	9	10	11	12	13	14	15	16
Elemente gesamt	505	311	213	176	151	131	119	113
Transurane	44	28	18	14	11	8	7	6
andere	461	283	195	162	140	123	112	107
Tag	17	18	19	20	21	22	23	24
Elemente gesamt	108	104	100	98	97	96	95	94
Transurane	5	4	3	2	2	2	2	2
andere	103	100	97	96	95	94	93	92

- Bis zu Tag 8 gibt es unendlich viele mögliche Elemente.
- Ab Tag 9 gibt es nur mehr endlich viele:

Tag 17:	$108 = 311311221132211221121332211n \quad (n > 3)$	\rightsquigarrow	104
	$107 = 11132221133112$	\rightsquigarrow	$101_{.1}H_{.20}Ca_{.27}Co$
	$106 = 3122113222112$	\rightsquigarrow	103
	$105 = 321122112$	\rightsquigarrow	102
Tag 18:	$104 = 132113212221132221222112112322211n$	\rightsquigarrow	100
	$103 = 1311222113322112$	\rightsquigarrow	$72Hf_{.91}Pa_{.1}H_{.11}Na$
	$102 = 131221222112$	\rightsquigarrow	99
	$101 = 31133$	\rightsquigarrow	$61Pm_{.20}Ca_{.92}U$
Tag 19:	$100 = 11131221131211322113321132211221121332211n$	\rightsquigarrow	$32Ge_{.20}Ca_{.94}Pu$
	$99 = 1113112211322112$	\rightsquigarrow	98
Tag 20:	$98 = 311321222113222112$	\rightsquigarrow	97
Tag 21:	$97 = 1321131211322113322112$	\rightsquigarrow	$96_{.11}Na$
Tag 22:	$96 = 111312211311122113222$	\rightsquigarrow	95
Tag 23:	$95 = 3113112221133122211332$	\rightsquigarrow	$67Ho_{.91}Pa_{.1}H_{.20}Ca_{.89}Ac_{.1}H_{.20}Ca_{.30}Zn$

- Die Länge wächst exponentiell mit dem Faktor $\lambda \approx 1.30357$, egal womit man anfängt (außer mit 22).
 - Der kosmologische Satz:
Nach spätestens 24 Tagen gibt es nur noch 92 Elemente (plus 2 unendliche Familien von Elementen).
-
- Der chemische Satz:
Nach spätestens 54 Tagen existieren alle 92 gewöhnlichen Elemente gleichzeitig (außer wenn man mit 22 beginnt).

https://it.wikipedia.org/wiki/Decadimento_audioattivo