

# Erzeugung eines sägezahnförmigen Oszillationsverlaufs

S. Helmer, J. Schoder

FMI FSU

24. Juni 2018

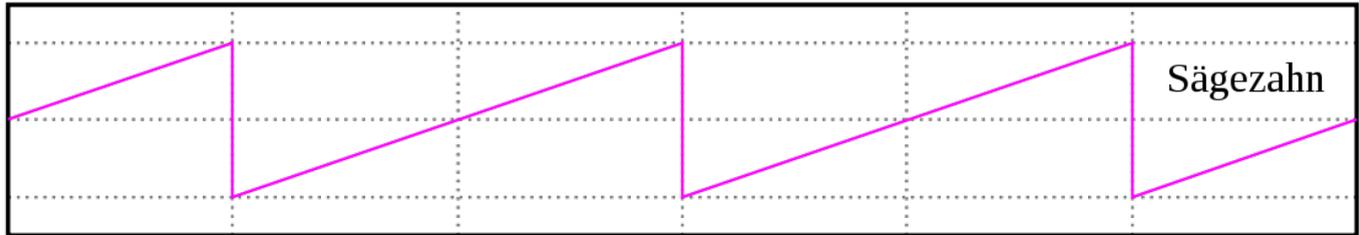
- 1 Einleitung
- 2 Ansätze
  - Brüsselator als Zerfalls-Katalysator
  - Signalverarbeitungsansatz
- 3 Ergebnis
- 4 Fun Fact

*„Erzeugung eines annähernd sägezahnförmigen Oszillationsverlaufs mittels eines chemischen Reaktionssystems mit Massenwirkungskinetik“*

- Modellierung und Simulation
- Einstellung der Schärfe / Spitzheit des Sägezahnverlaufs
- Ansatz:
  - Ausgabespezies T von Brusselator als Grundschwingung nutzen
  - Korrekturfunktionen nachschalten

# Sägezahnschwingung (Kippschwingung)

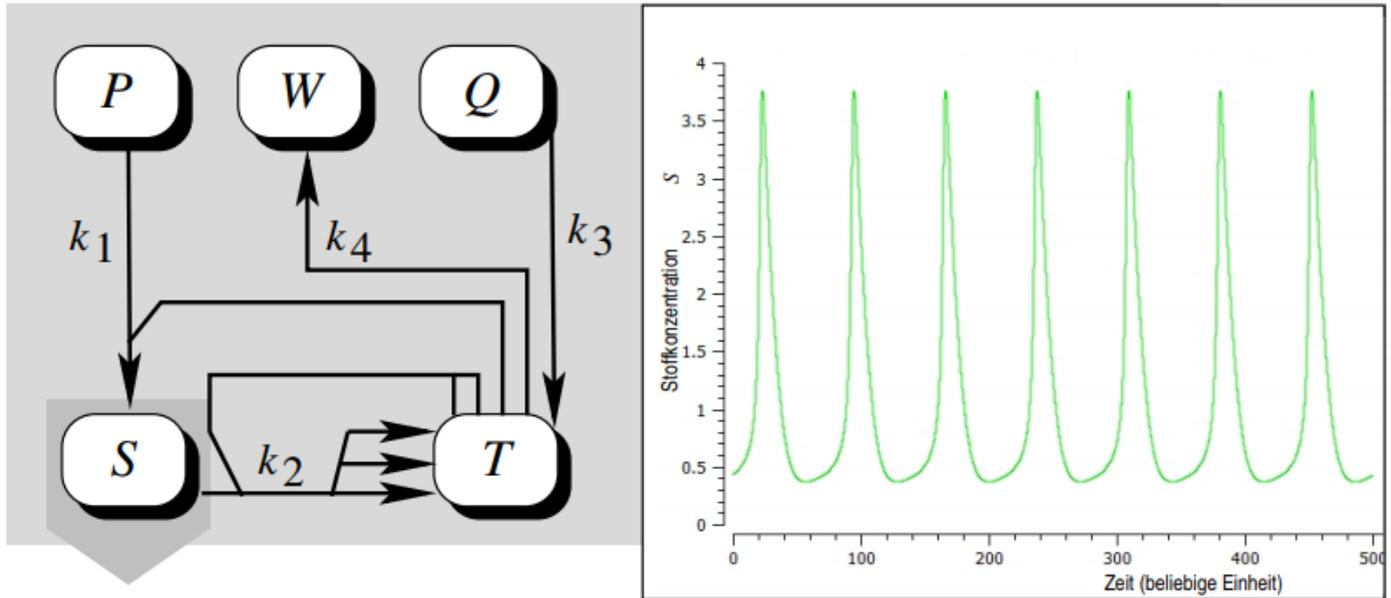
- charakteristisch: langsame Aufladung, gefolgt von sehr schneller Entladung



- Mathematische Beschreibung:
  - lineare Funktion:  $f(x) = x - \lfloor x \rfloor$
  - Fourierreihe (Überlagerung verschiedener, harmonischer Schwingungen)
- Anwendung
  - elektronische Musikinstrumente
  - Röhrenfernseher (horizontale / vertikale Ablenkung des Elektronenstrahls)

# Einleitung

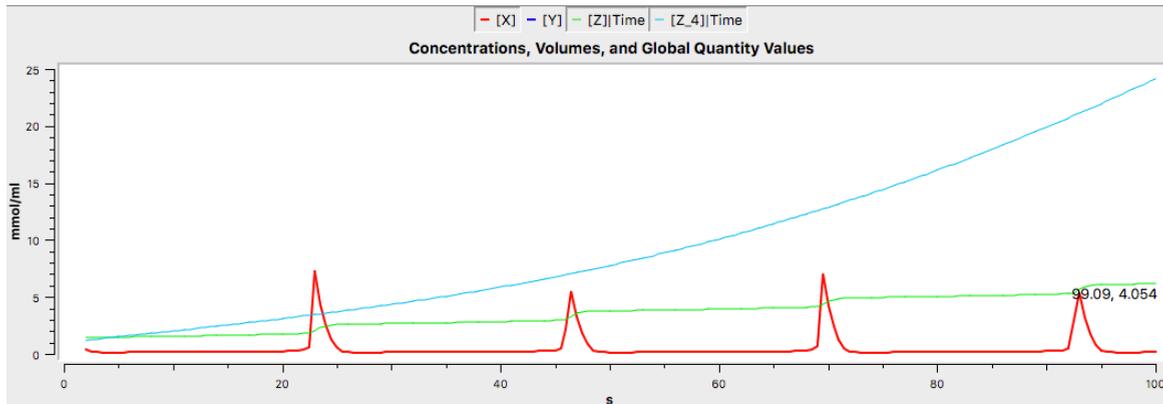
- Brusselator als Ausgangsoszillator
- Oszillation durch autokatalytisch positive Rückkopplung



- Aufintegrieren
- Brüsselator als Zerfalls-Katalysator
- Signalverarbeitungsansatz

# Aufintegrieren

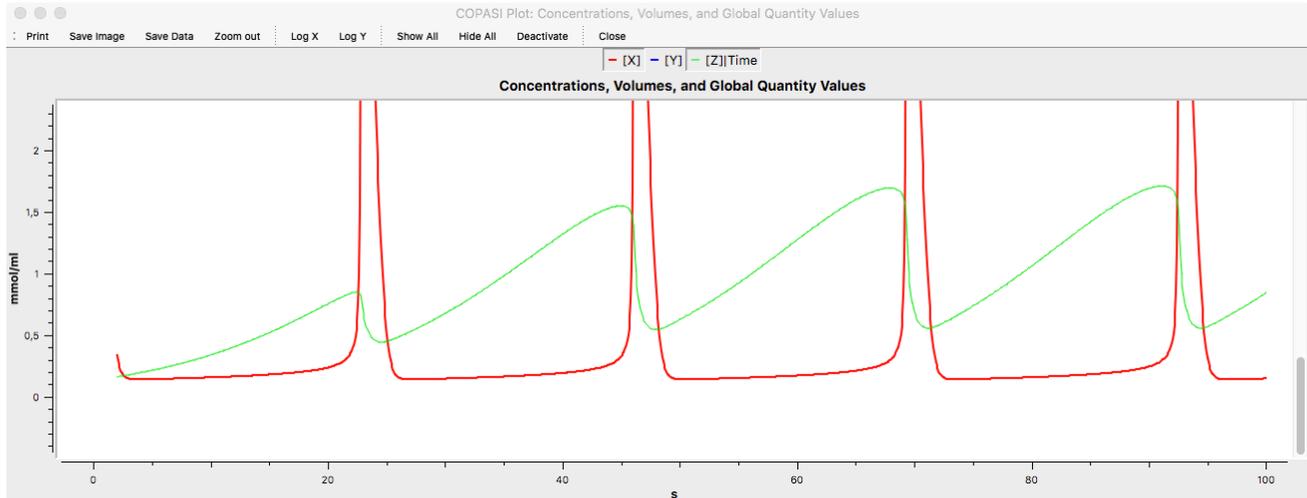
- Aufsummieren der Ausgabespezies T
  - $T \rightarrow T + Z$
- Glättung durch Filterkette
  - $Z \rightarrow Z + Z_1$
  - $Z_1 \rightarrow Z_2 \rightarrow Z_3 \rightarrow Z_4 \rightarrow$
- Ergebnis: Kontinuierlicher Anstieg einer Spezies



- Idee: an irgend einer Stelle Zerfall von  $Z_n$  triggern
- nicht zuende geführt

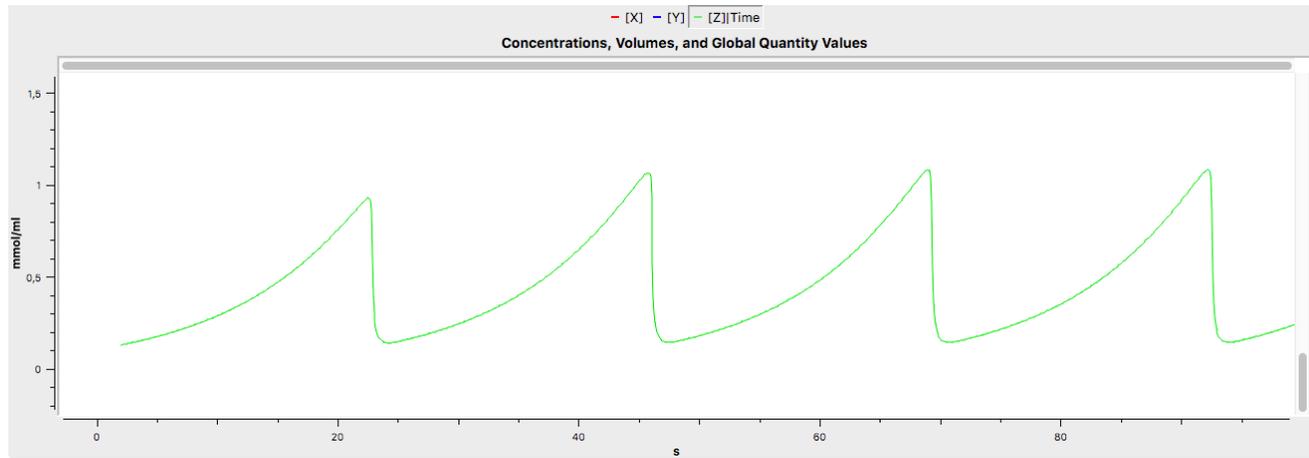
# Brüsselator als Zerfalls-Katalysator

- kontinuierlicher Anstieg einer Spezies Z
  - $Z \rightarrow 2 * Z$
- Peak des Brüsselators bewirkt Zerfall von Z
  - $T + 2 * Z \rightarrow T$
- Ergebnis: Zägezahn, aber sehr runde Ecken



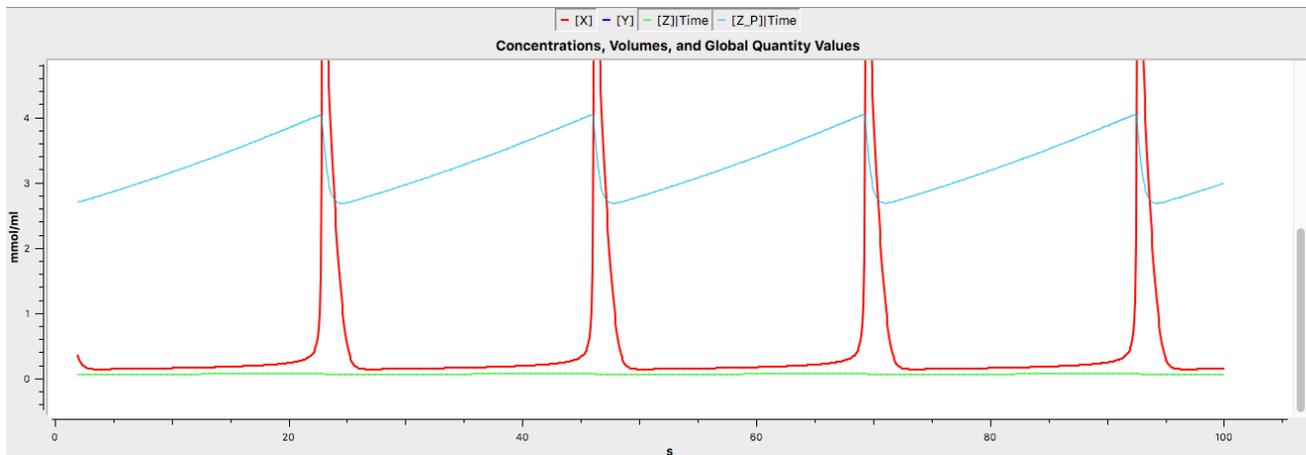
# Brüsselator als Zerfalls-Katalysator (Verbesserung 1)

- Zerfall von Z beschleunigen
  - $2 * X + 2 * Z \rightarrow 2 * X$
- Ergebnis:
  - schärfere Zähne
  - Anstieg der Zähne nicht linear

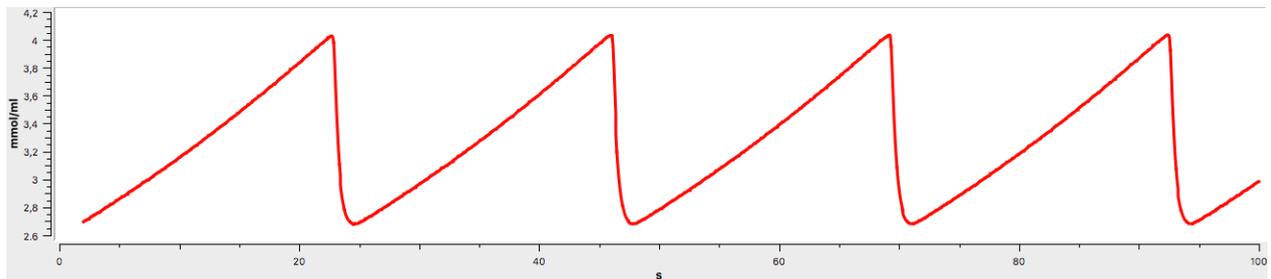
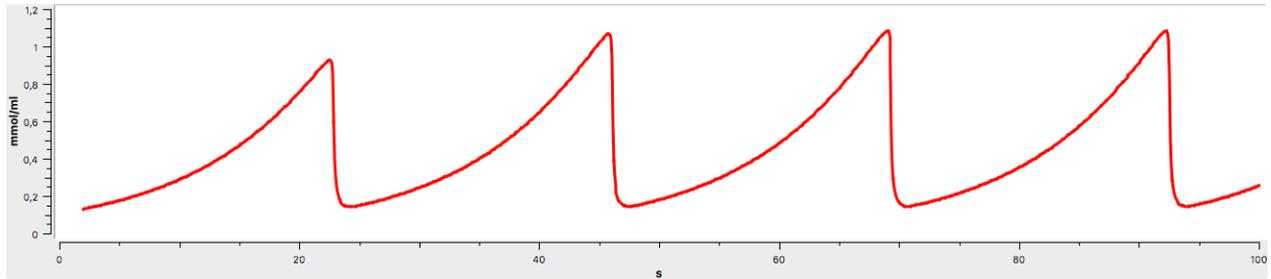
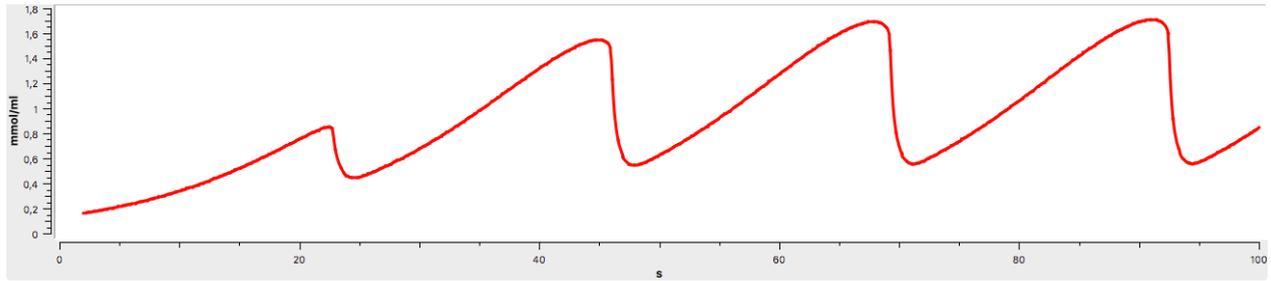


# Brüsselator als Zerfalls-Katalysator (Verbesserung 2)

- anstieg der Sägezähne ‚begradigen‘
  - Massewirkungsrate  $k$  von  $Z \rightarrow 2 * Z$  verkleinern
  - Konzentrationsanstieg langsamer, aber gerader
- Problem: sehr kleine Amplitude
- Lösung: Multiplikation von  $Z$  zur Skalierung

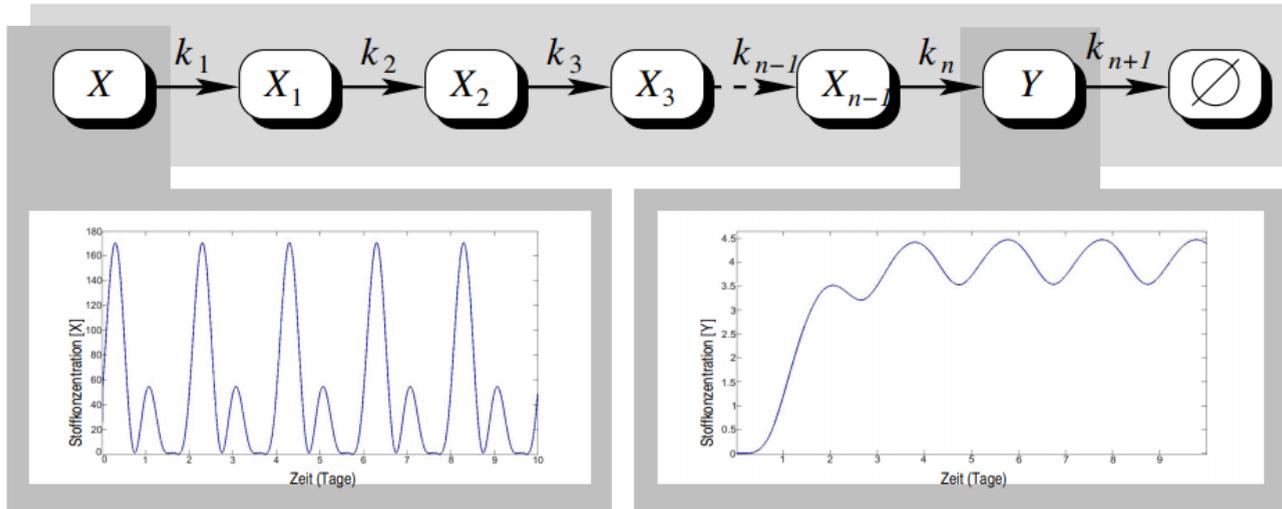


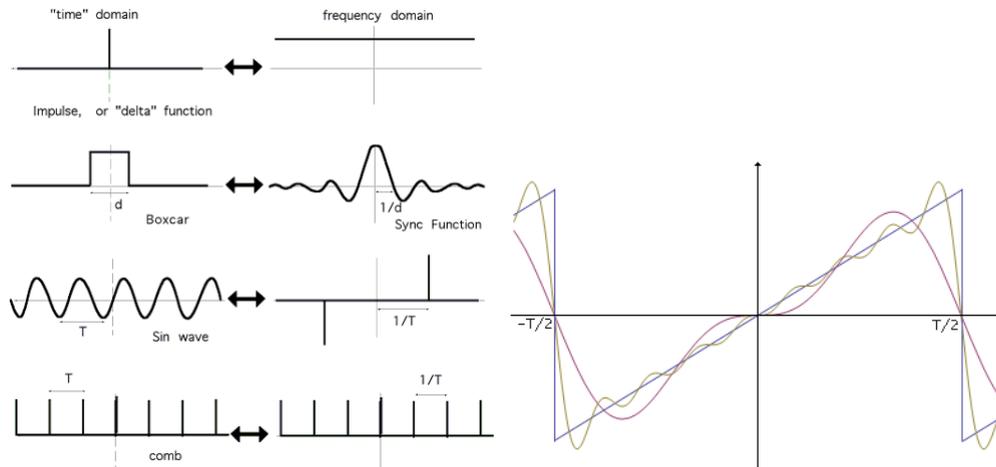
# Brüsselator als Zerfalls-Katalysator - Gegenüberstellung

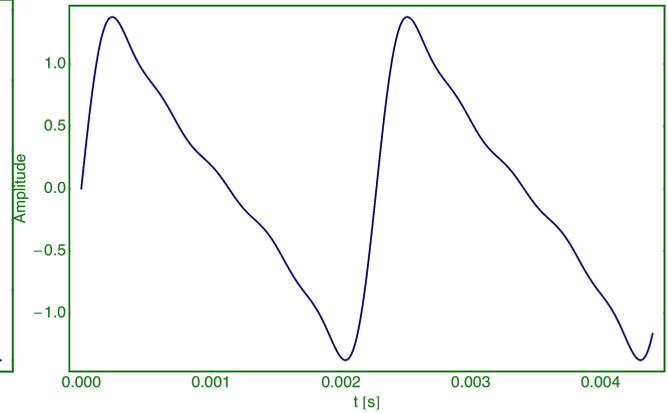
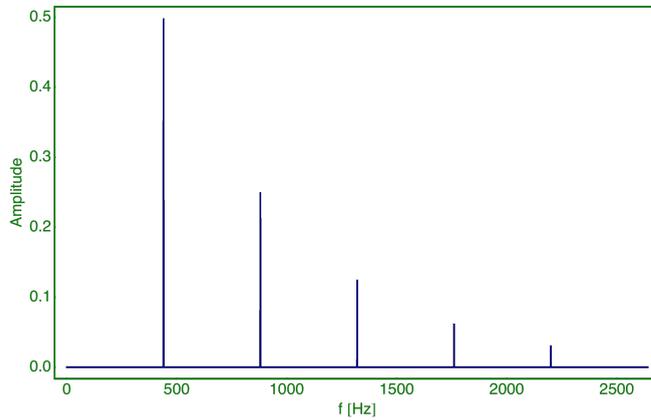


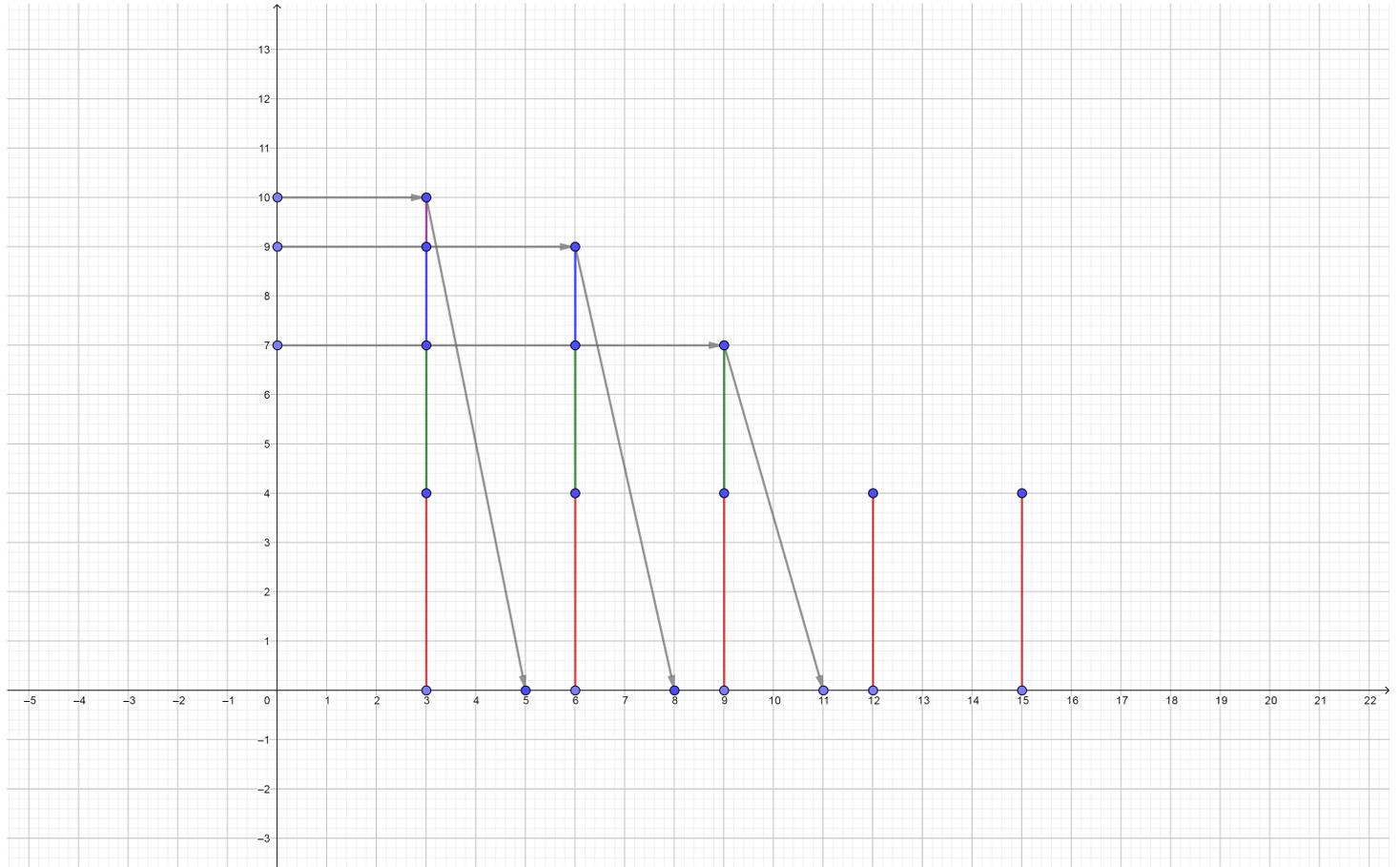
# Signalverarbeitungsansatz

- Betrachten des Sägezahns im Frequenzbereich
- Verwenden von Tiefpassfiltern
  - Tiefpassfilter als Reaktionskaskade
  - „Gleitender Mittelwert“
  - Mehr Spezies  $\rightarrow$  kleinere Grenzfrequenz
- Frequenzanteile der Impulsfolge nutzen



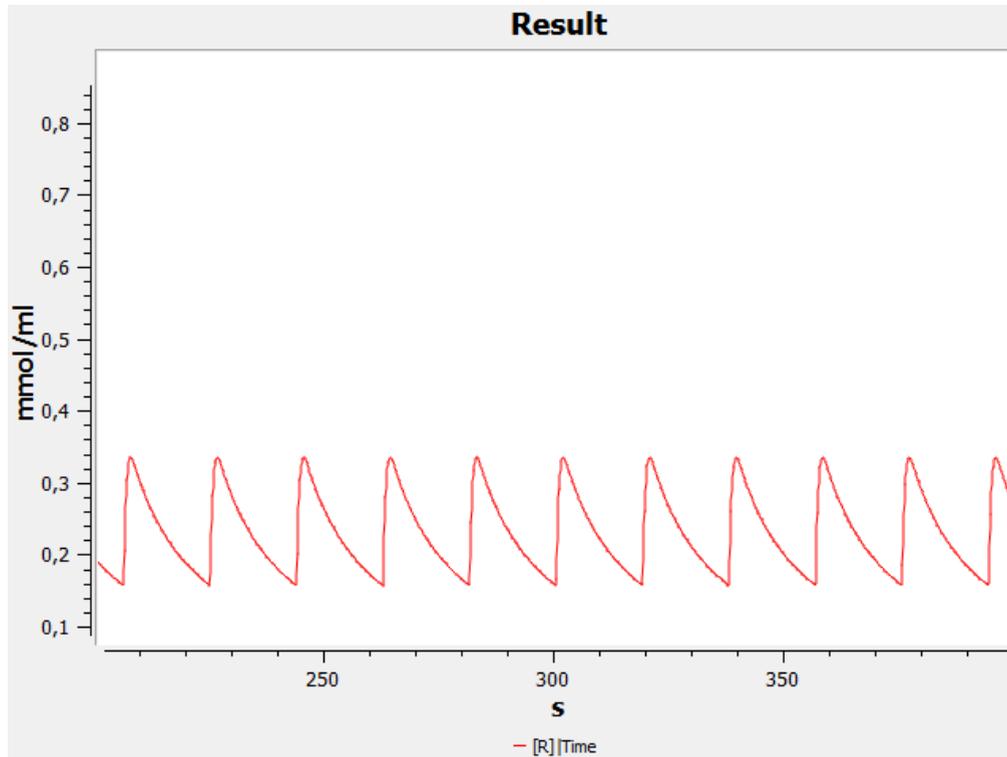




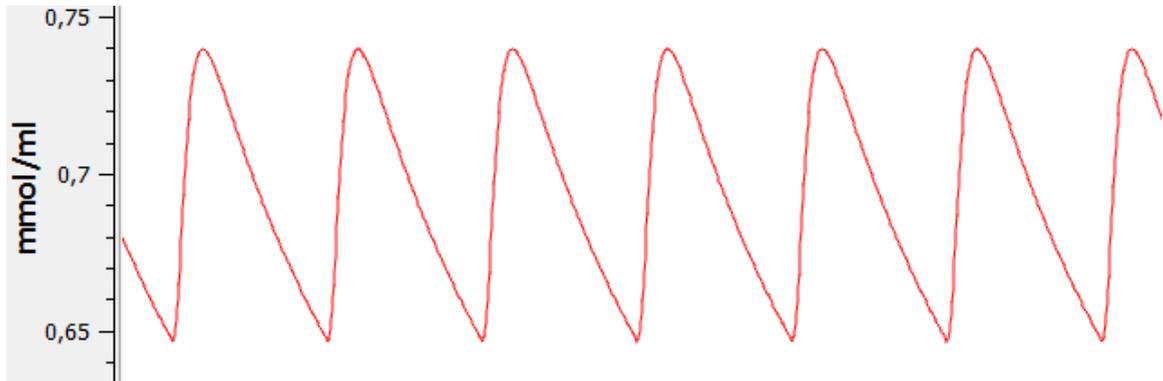
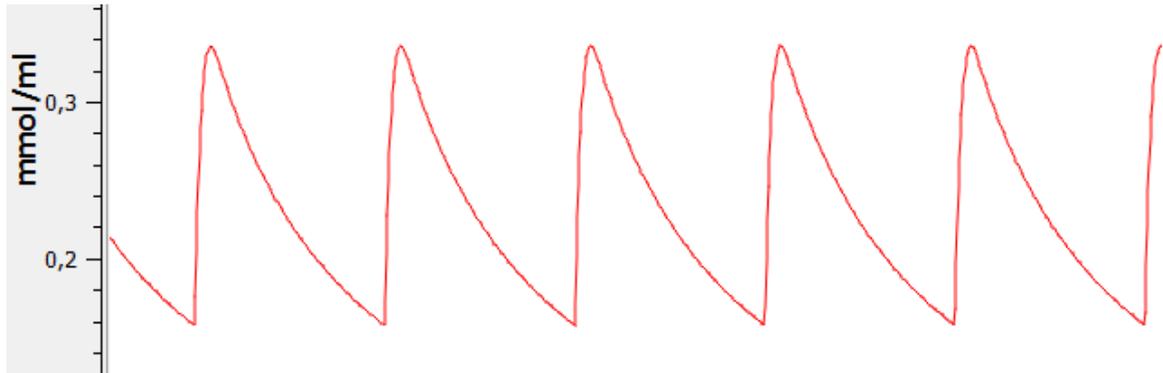


# Ungefiltert

- $16 * X \rightarrow R$
- $2 * R \rightarrow 8 * ZR$
- $8 * ZR \rightarrow 2 * W$

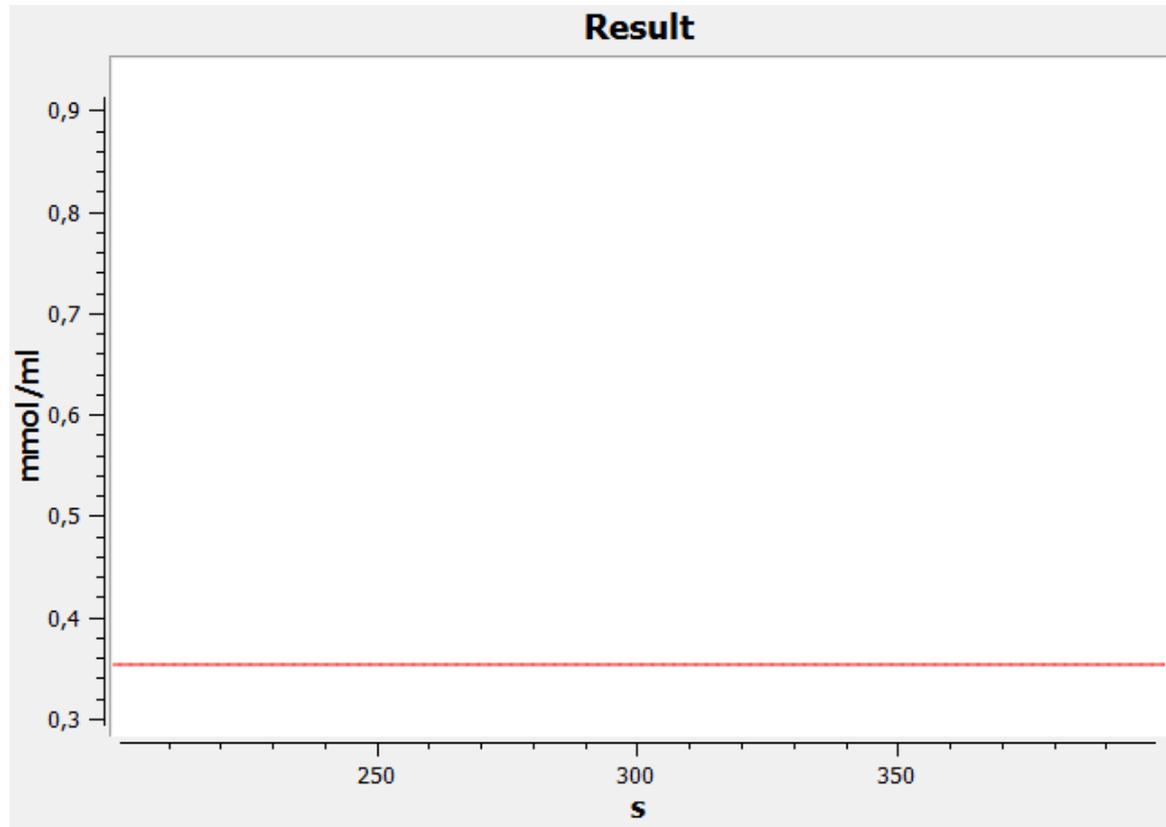


# Glättung



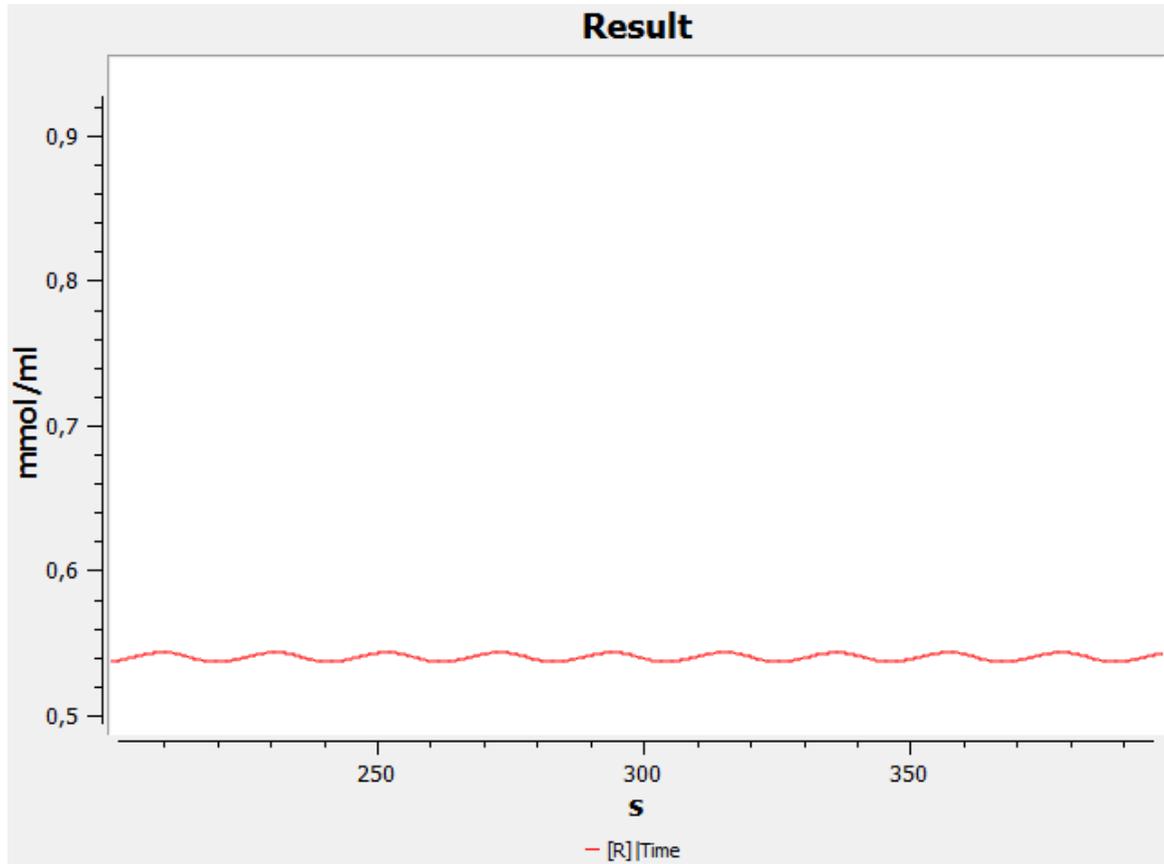
# Filter 1

- $8 * X \rightarrow F11 \rightarrow F12 \rightarrow F13 \rightarrow F14 \rightarrow F15 \rightarrow F16 \rightarrow F17 \rightarrow F18 \rightarrow R$



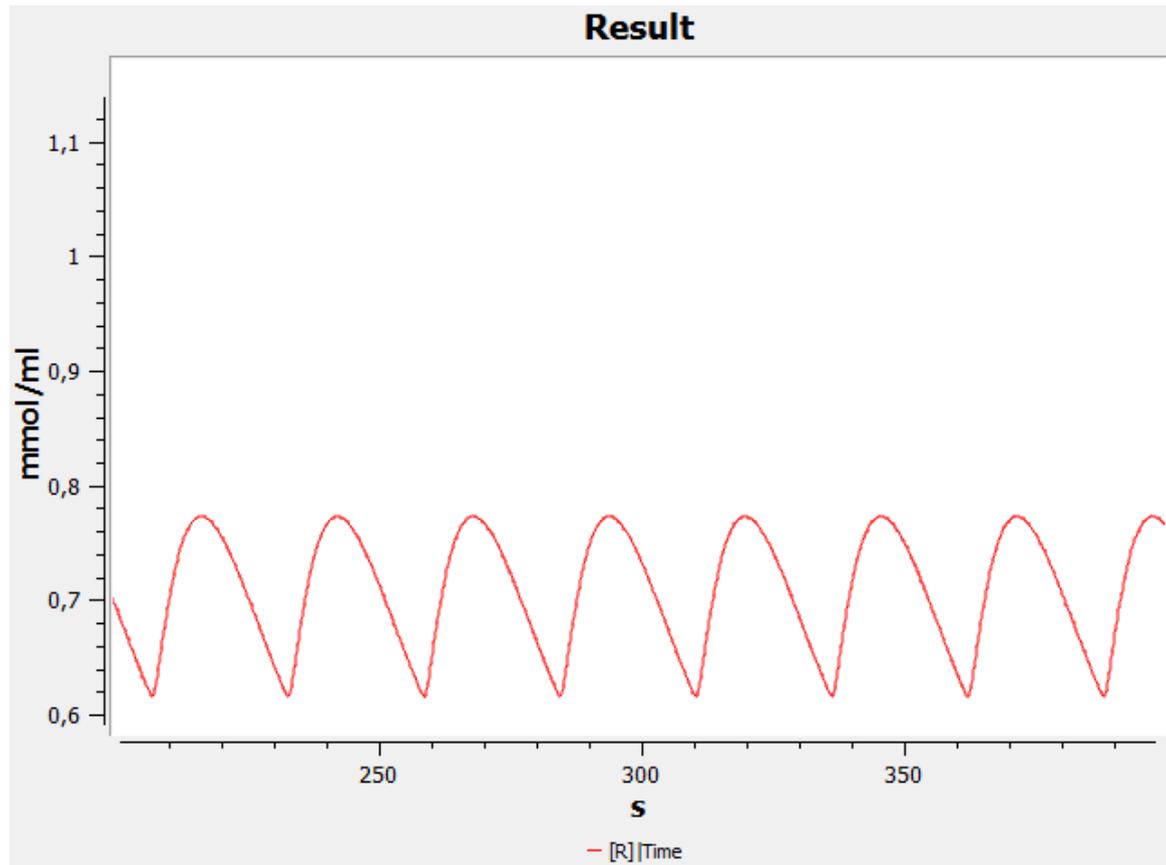
# Filter 2

- $4 * X \rightarrow F21 \rightarrow F22 \rightarrow F23 \rightarrow F24 \rightarrow R$



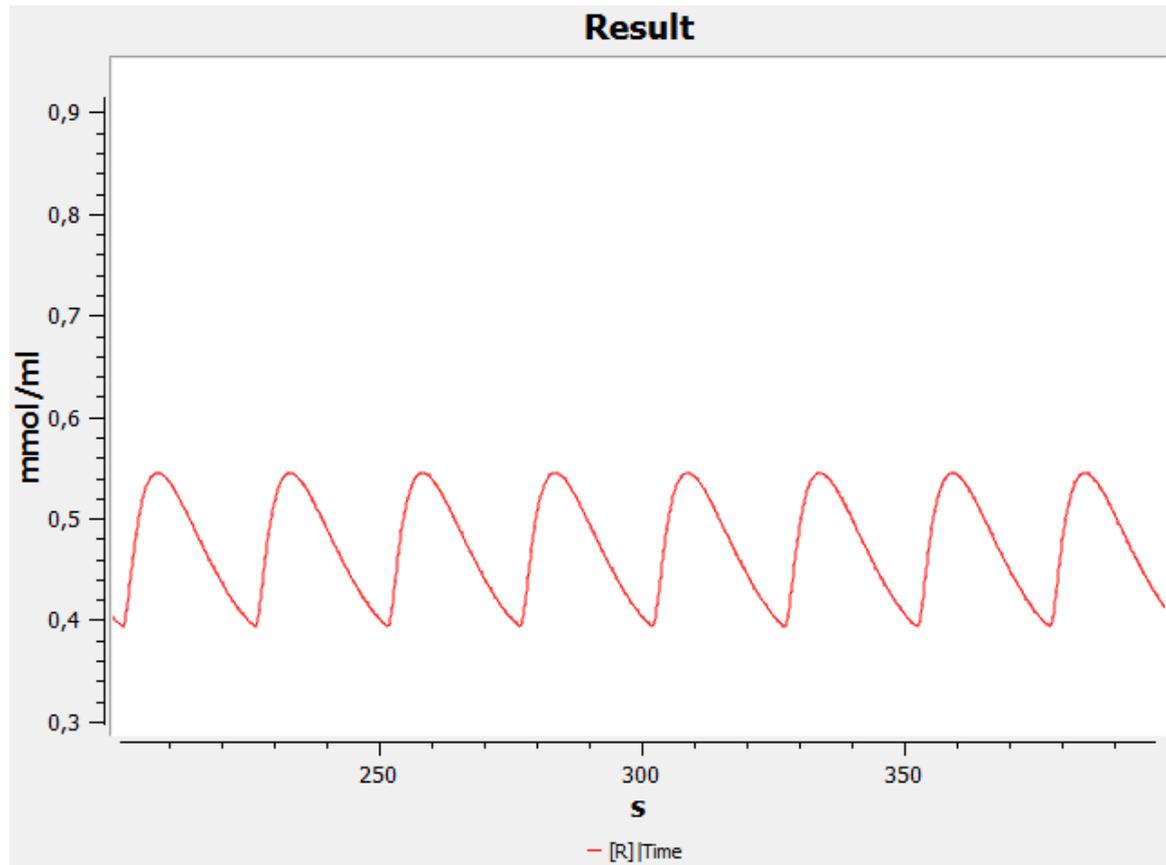
# Filter 3

- $2 * X \rightarrow F31 \rightarrow F32 \rightarrow R$

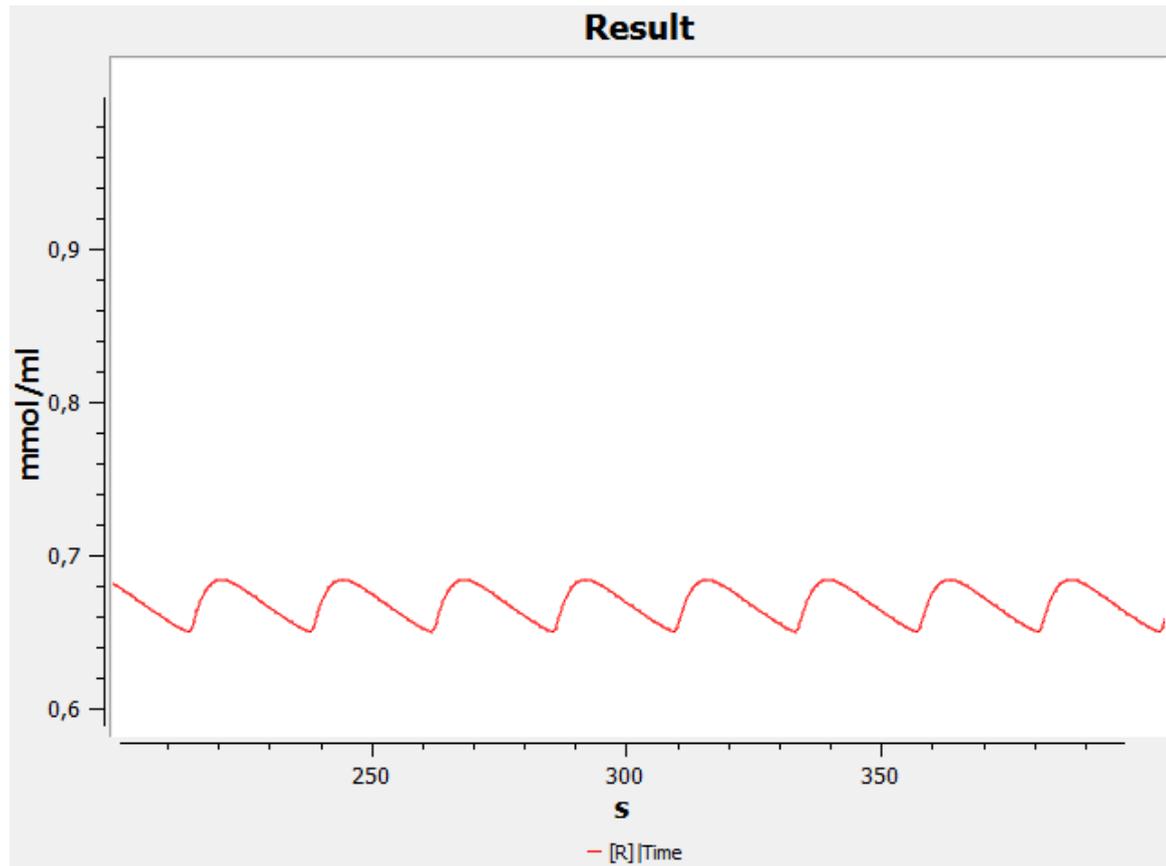


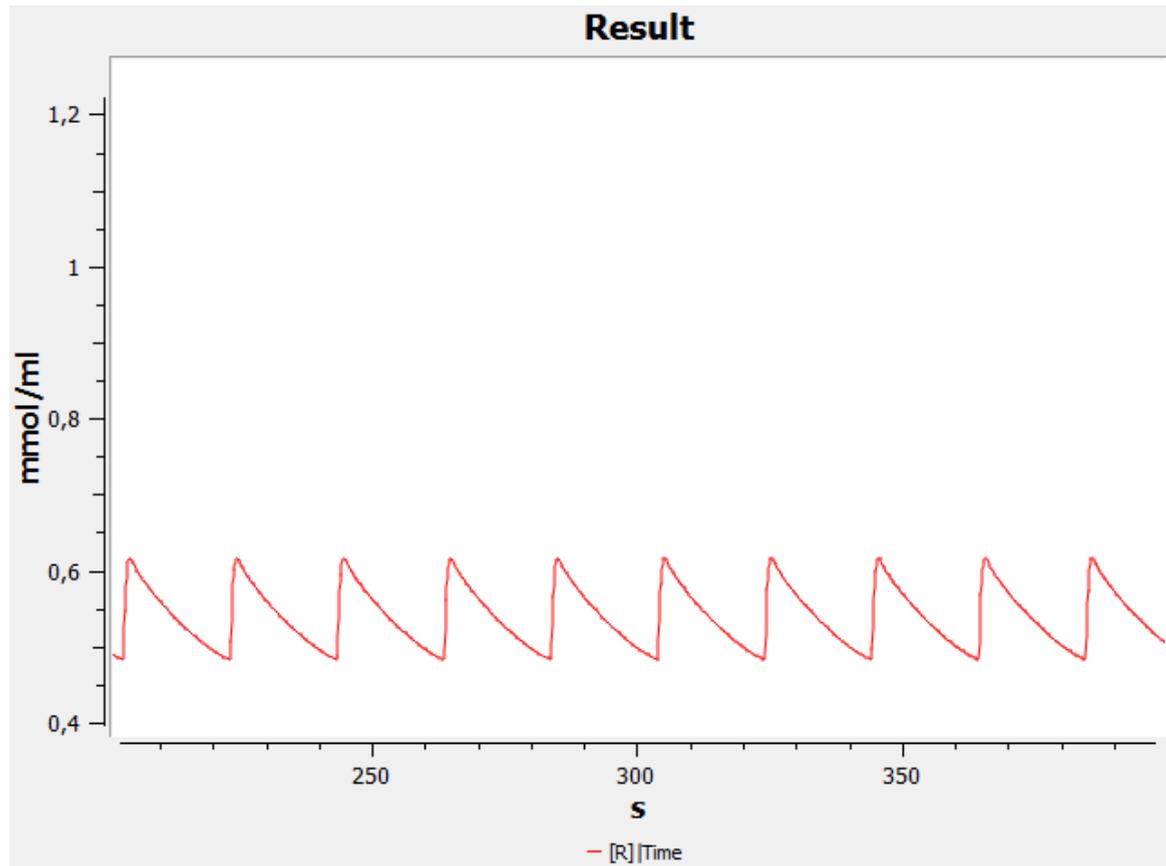
# Filter 4

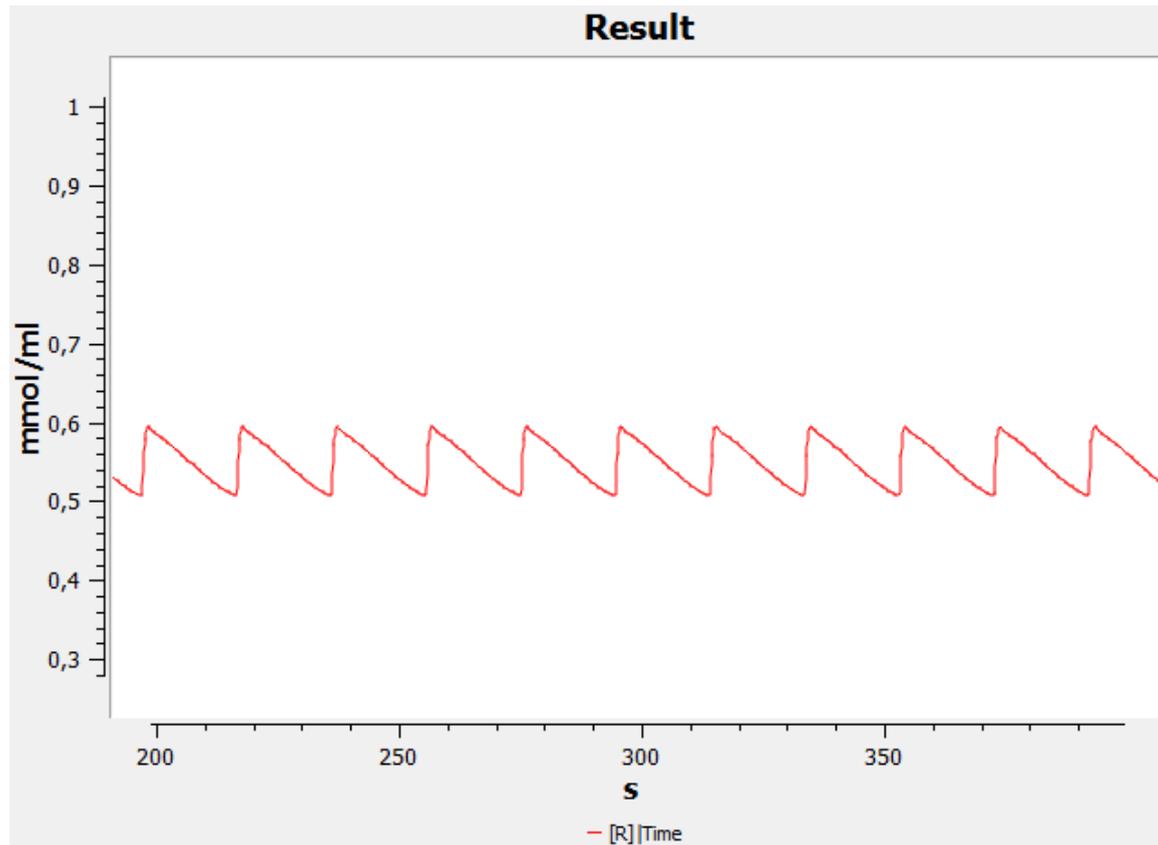
- $1 * X \rightarrow F41 \rightarrow R$

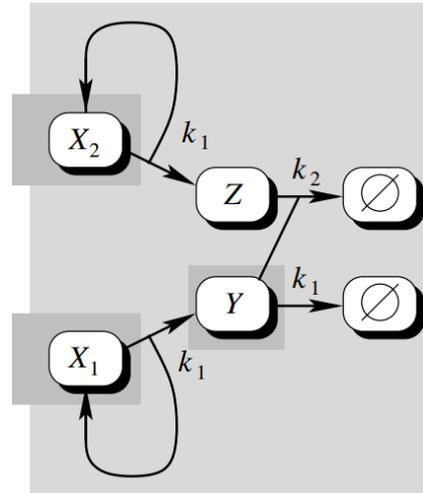
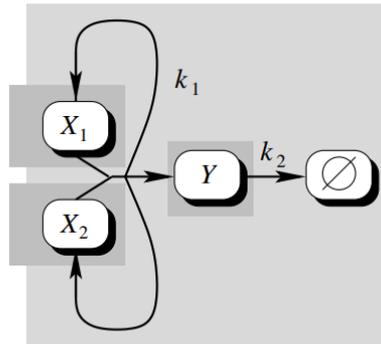


# Filter 2 bis 4

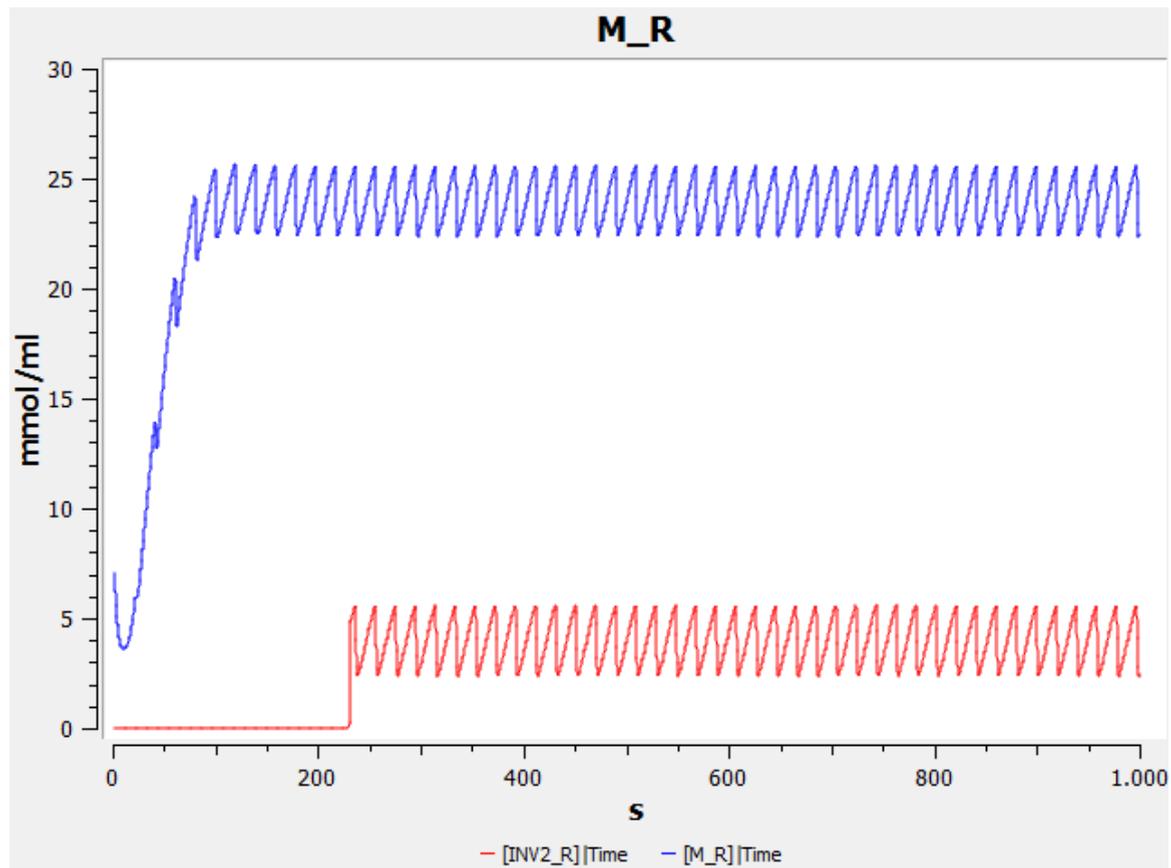




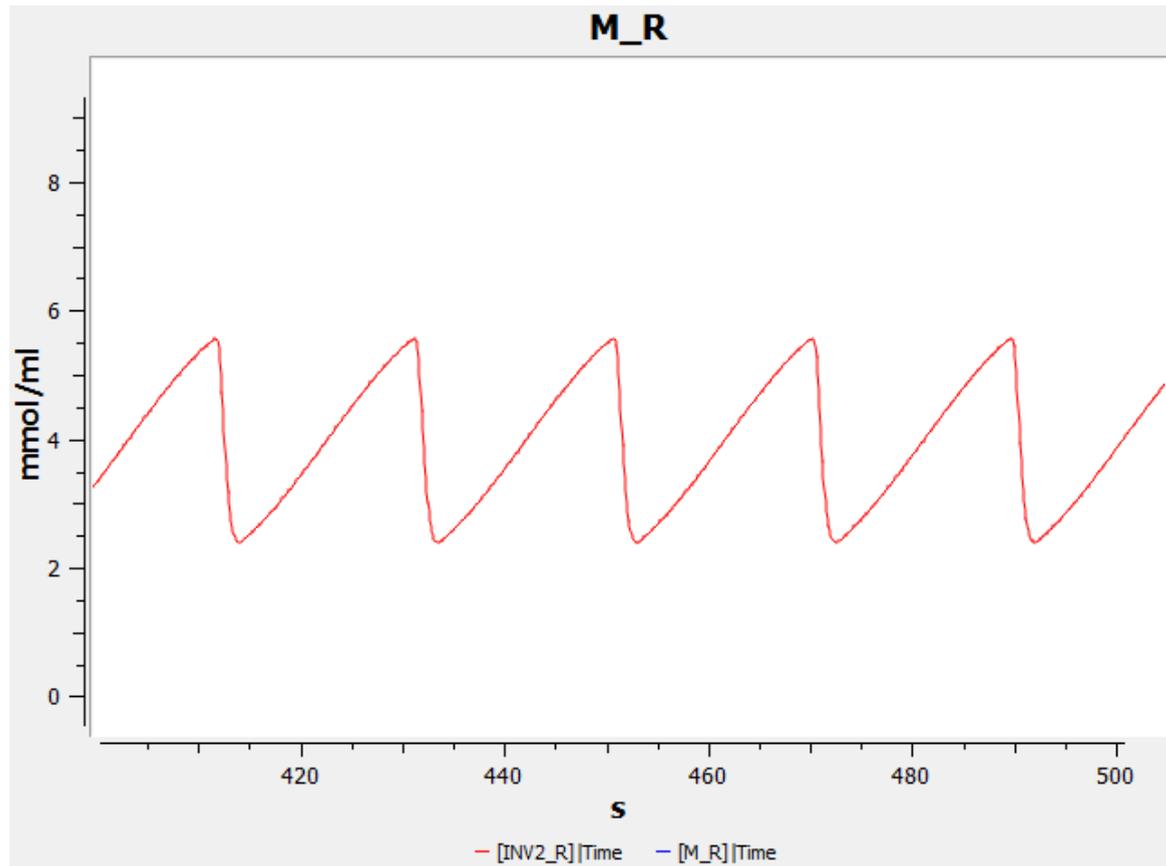


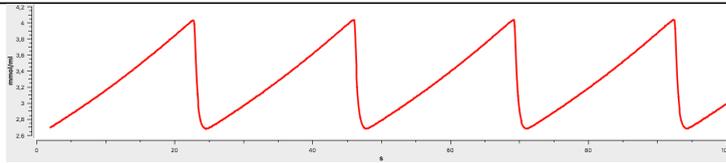


# Invertiert und Gestreckt

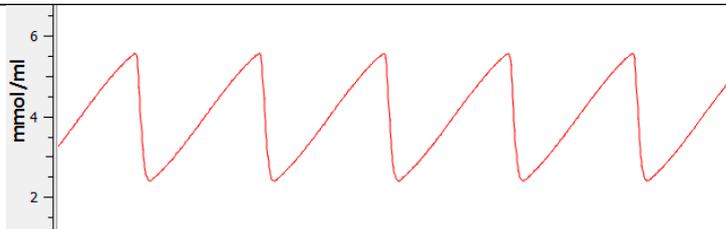


# Invertiert und Gestreckt





6 SPECIES, 6 REAKTIONEN



33 SPECIES, 36 REAKTIONEN

