



Eingebettete und Cyber-physische Systeme

Prof. Dr. Santa Klaus

Institut für Informatik der Humboldt Universität
und

Fraunhofer Institut für offene Kommunikationssysteme FOKUS

Wiederholung

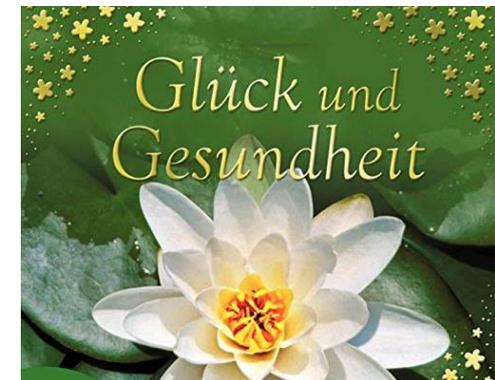
- Was bedeutet „Weihnachten“?
- Warum sind wir überhaupt hier?
- Kommt das auch in der Klausur dran?

Zielmodellierung



- Alle Menschen auf der Welt glücklich machen

- ✓ Friede auf Erden
- ✓ Gesundheit und Lebensglück
- ✓ Geschenke bringen
 - △ Geschenke besorgen
 - △ Geschenke ausfahren
 - ✓ Rentierschlitten
 - ✓ selbstfliegender Schlitten
 - △ Geschenke zustellen
 - △ zurück zum Nordpol



Lastenheft

(3) Geschenke bringen

(Ziel: Alle Menschen glücklich machen)

(3.1) Weihnachtselfen (**funktionale Anforderung**)

(3.1.1) zur Geschenkproduktion

(3.1.2) zum Verpacken und Einladen

(3.2) selbstfliegender Schlitten (**nichtfunktional**)

(3.2.1) groß genug für Geschenke

(3.2.2) selbständige Navigation

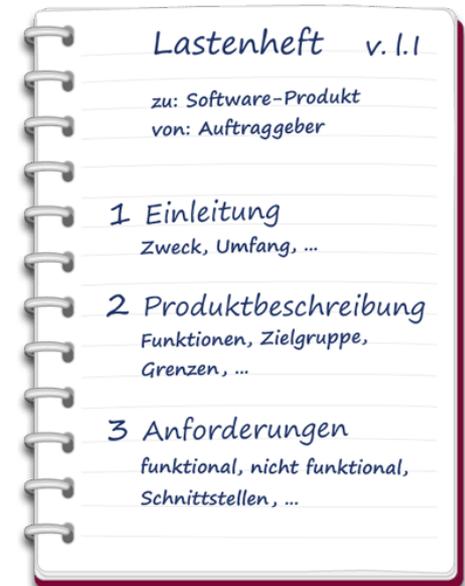
(3.2.3) alle Geschenke am Weihnachtsabend ausgeliefert

(3.3) Zustellung durch verschiedene Zugangswege (**Schnittstelle**)

(3.3.1) Strickleiter durch Kamin

(3.3.2) ausfahrbare Rutschstange

(3.3.3) Nachbars Bello



Pflichtenheft

- Alle Haushalte erreichbar (*ref.: 3. Geschenke bringen*)
 - Annahme: nur Gebäude auf dem Festland
 - Kürzeste Route soll mit Travelling Salesman Alg. berechnet werden
 - Zweit- und Ferienwohnungen bleiben unberücksichtigt
- Lastaufnahme groß genug (*ref.: 3.2.1: groß genug für Geschenke*)
 - Alle Geschenke müssen Platz haben
 - Eltern sind glücklich wenn ihre Kinder Geschenke bekommen
 - Durchschnittliches Gewicht pro Geschenk 500 g
- Autonome Lenkung (*ref.: 3.2.2: selbständige Navigation*)
 - Flugfähigkeit
 - 360° Wendekreis muss zu jedem Zeitpunkt möglich sein
 - Aufenthalt über einem Schornstein ohne Bewegung
- Antrieb
 - Beschleunigung muss groß genug sein
 - Schutzschild gegen Luftwiderstand (energietechnische Gründe)

Modellierung (1)

- Ca. 8 Mrd Menschen (15.11.22) → ca. 4 Mrd Haushalte
 - Davon 30% = 2.4 Mrd Kinder (**Def.** Kind: studiert noch nicht)
 - ca. 3 Kinder / Haushalt, also 800 Mio Haushalte mit Kindern
 - Kürzeste Route soll mit Travelling Salesman Alg. berechnet werden



Modellierung (2)

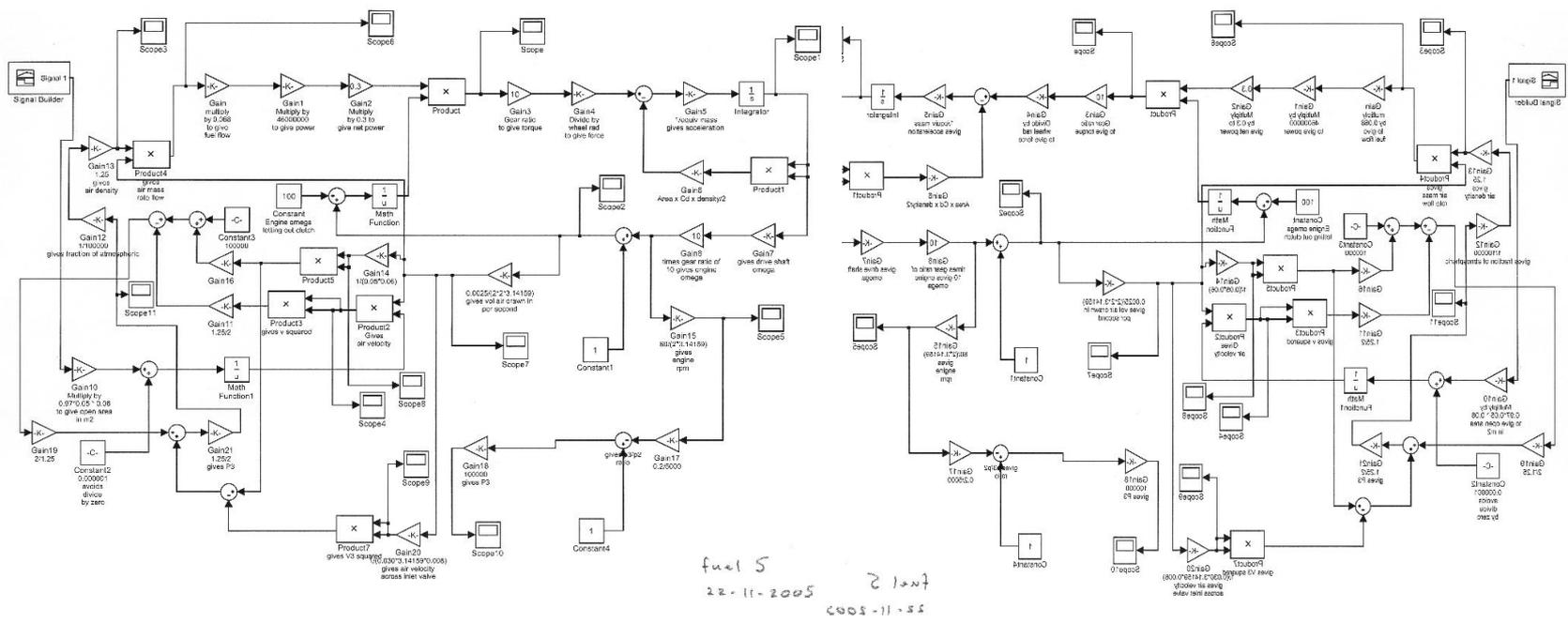
- Lastaufnahme groß genug
 - 2.4 Mrd Geschenke sind ausreichend
 - **Theorem:** Eltern sind glücklich wenn ihre Kinder Geschenke bekommen
 - Durchschnittliches Gewicht pro Geschenk 0,5 kg
 - Gesamtgewicht der Ladung $1.2 \cdot 10^{12} \text{ g} = 1.2 \cdot 10^6 \text{ t}$



Modellierung (3)

- Volumen und Luftwiderstand

- Kugelförmige Oberfläche, Volumen = $1.2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \sim 1.2 \text{ km}^3$
- Durchschnittsgeschwindigkeit: $v = s' = ds/dt$
- Erhitzung ~ 14.3 Quintillionen Joule Energie pro Sekunde



Thermalsystem (Detailmodell)

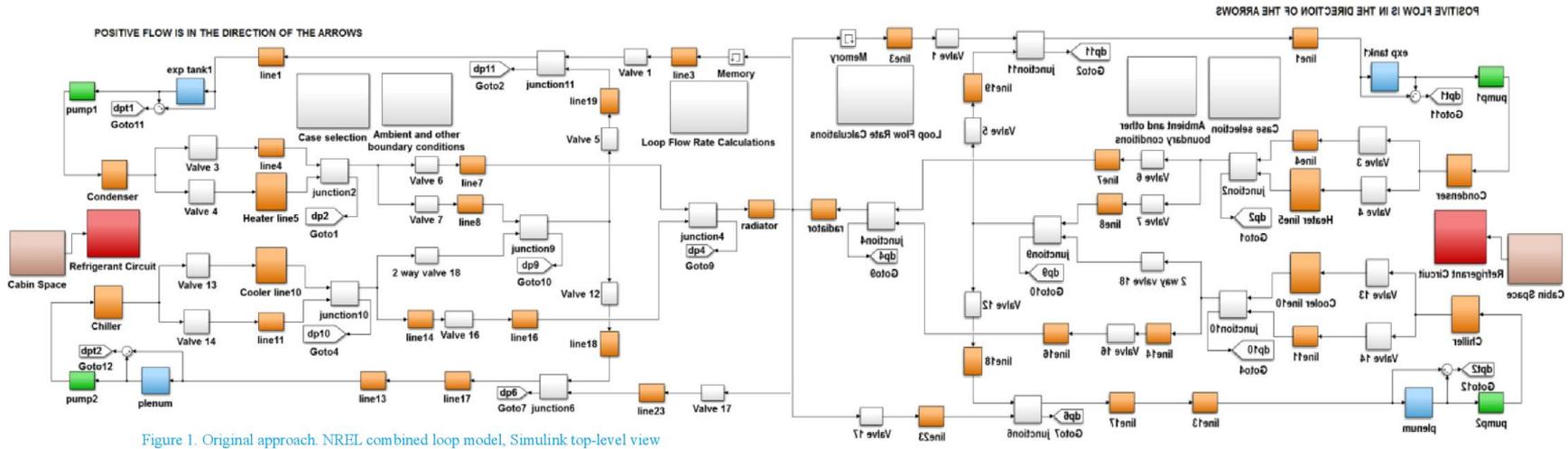


Figure 1. Original approach. NREL combined loop model, Simulink top-level view

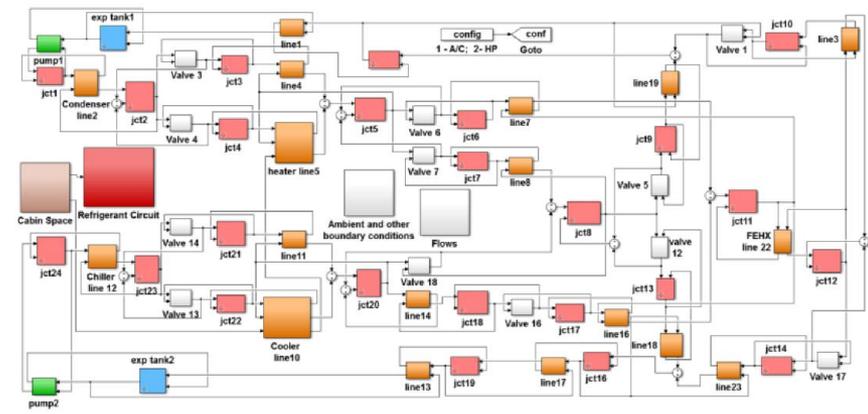


Figure 2. New approach. Combined loop model, Simulink Simulink

MATLAB/Simulink Framework for Modeling Complex Coolant Flow Configurations of Advanced Automotive Thermal Management Systems

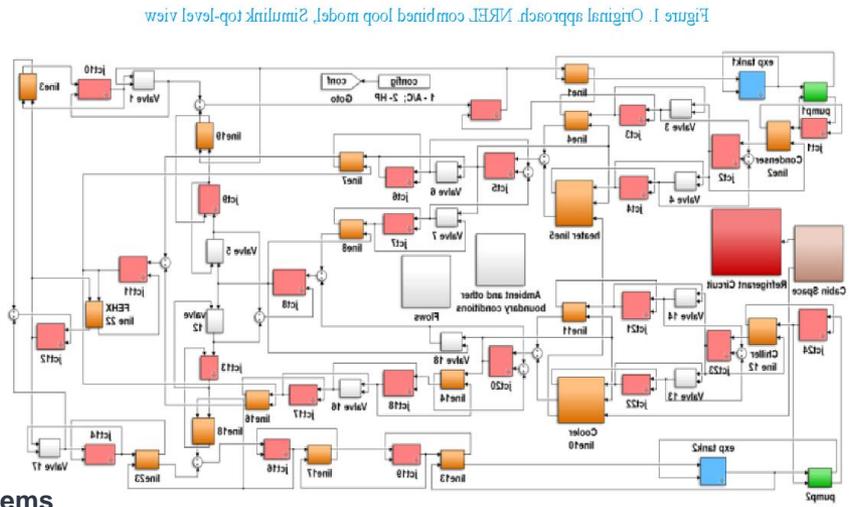


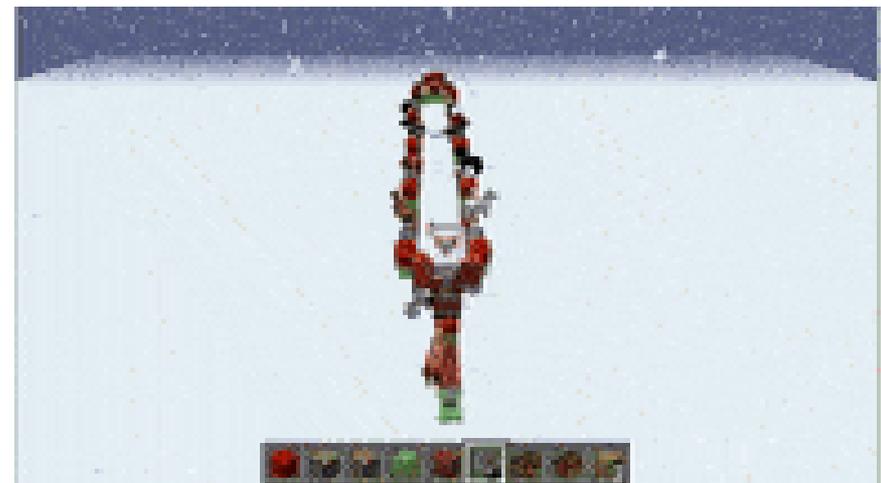
Figure 3. Original approach. NREL combined loop model, Simulink top-level view

Implementierung

- Anzahl Knoten $k = (8 \cdot 10^8)$
- Anzahl Pfade $P = k!$
 - $\sim (k/e)^k \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot k} \sim (3.3 \cdot 10^8)^{(8 \cdot 10^8)} \cdot 75.200 \sim 2,5 \cdot 10^{22}$
 - Heuristik notwendig → Übungsaufgabe!
- Fourier-Reihe: $f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$
- Erdoberfläche $A = (5 \cdot 10^8) \text{ km}^2$
- Durchschnittliche Länge = $0.9 \cdot \sqrt{A \cdot k} = 6 \cdot 10^{11} \text{ m}$
- Gesamtzeit $T_{\text{ges}} = 24 \text{ h} = 86.400 \text{ s}$
- Geschwindigkeit $v = 7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
 - Schallgeschwindigkeit $\sim 343 \text{ m/s}$
 - Lichtgeschwindigkeit $\sim 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$$n! \approx \left(\frac{n}{e}\right)^n \sqrt{2\pi n}$$

Simulation



Konstruktion

- Leider bis 24.12.22 nicht realisierbar ☹️
 - Antriebs- und Hitzeprobleme lösbar 😊
 - Geräuschproblematik bei millionenfacher Schallgeschwindigkeit macht unbemerkte Arbeit schwierig
- aber –
 - Lieferschwierigkeiten elektronischer Bauteile



- Lösungsmöglichkeit:
 - **Selbstabholung der Geschenke!**
 - **Frohe Weihnachten!**