

# Computersimulatie van modellen voor de verkeersafwikkeling

Femke van Wageningen-Kessels, Hans van Lint,  
Serge Hoogendoorn en Kees Vuik

TU Delft - CiTG - T&P

4 maart 2009

# Inhoud

Verkeersafwikkelingsmodellen

Model en discretisatie

Tijdstapmethoden

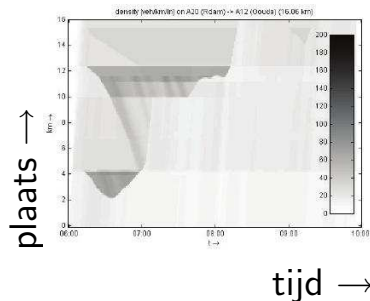
Samenvatting en conclusie

# Wat is een verkeersafwikkelingsmodel?

- ▶ set (wiskundige) vergelijkingen
- ▶ beschrijving ontwikkeling van verkeer in tijd en ruimte

Ik ga het dus *niet* hebben over

- ▶ toedeling van verkeer
- ▶ netwerkmodellen



# Soorten verkeersafwikkelingsmodellen

## Toepassing: soort netwerk

- ▶ stad en/of
- ▶ snelweg

## Niveau verkeersbeschrijving

- ▶ microscopisch: individuele voertuigen
- ▶ macroscopisch: **gemiddelde** snelheden, doorstroom ('intensiteit'), dichtheden, ...

# Soorten verkeersafwikkelingsmodellen

Toepassing: soort netwerk

- ▶ stad en/of
- ▶ snelweg

Niveau verkeersbeschrijving

- ▶ microscopisch: individuele voertuigen
- ▶ **macroscopisch**: gemiddelde snelheden, doorstroom ('intensiteit'), dichtheden, ...

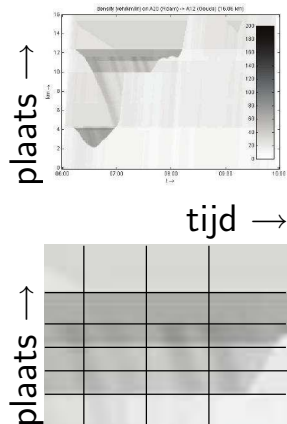
# Probleemstelling

- ▶ Incident: niet voorspelde gebeurtenis (ongeluk)
- ▶ Dynamisch verkeersmanagement
- ▶ Hoe gevolgen beperken?
- ▶ Vergelijking scenario's
- ▶ 'Real time', 'online', dus snelle berekeningen!

# Van model naar simulatie (1/2)

## Discretisatie

- ▶ verdeel de weg/netwerk in 'segmenten' (bijv. 100 meter)
- ▶ verdeel tijd in tijdstappen  $\Delta t$  (bijv. 5 seconden)
- ▶ we zoeken: gemiddelde dichtheid op segment gedurende tijdstap



# Van model naar simulatie (2/2)

## Oplossen gediscretiseerde vergelijkingen

- ▶ bereken gemiddelde dichtheid op segment gedurende tijdstap
- ▶ oplossing (dichtheid) op tijdstip  $t$  bekend, hoe vinden we oplossing op nieuw tijdstip?

## Instroom in ruimte en tijd







- ▶ toestand op begintijdstip  $t = 0$
- ▶ instroom aan begin (en evt. einde) van weg/netwerk



# De uitdaging: snel en nauwkeurig

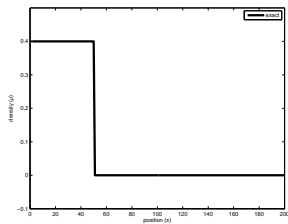
segmenten	tijdstappen	nauwkeurigheid	rekensnelheid
kort	klein	+	-
kort	groot	-	+/-
lang	klein	+/-	+/-
lang	groot	-	+

## Voorbeelden

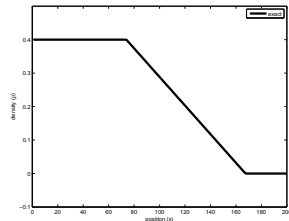
- ▶   'echte' oplossing
- ▶   simulatie met kleine tijdstap
- ▶   simulatie met grote tijdstap

# Resultaten simulatie

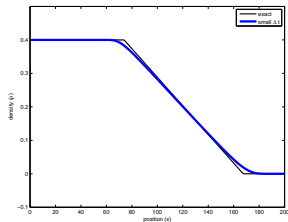
## Begin toestand



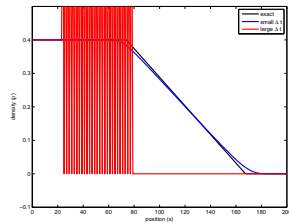
## Exact



## Kleine tijdstappen

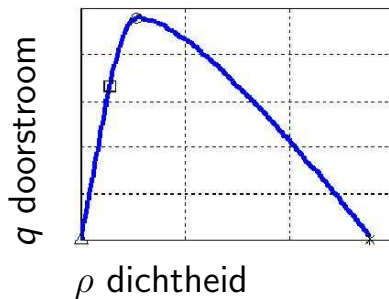


## Grote tijdstappen

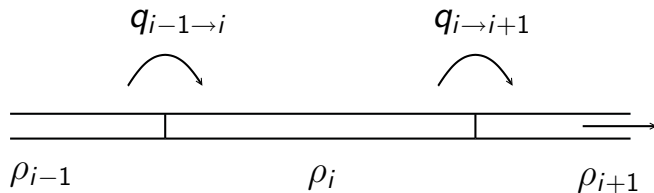


# Wiskundig model

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0, \quad \text{behoud van voertuigen}$$
$$q = q(\rho), \quad \text{fundamenteel diagram}$$



# Gediscretiseerde vergelijkingen





$$\rho_i^{\text{nieuw}} = \rho_i^{\text{oud}} + \frac{\Delta t}{\Delta x} (q_{i-1 \rightarrow i}^{\text{oud}} - q_{i \rightarrow i+1}^{\text{oud}})$$

$$\text{nieuwe dichtheid} = \text{dichtheid} + \text{instroom} - \text{uitstroom}$$

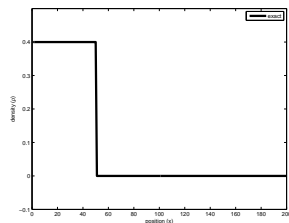
# Efficiëntere tijdstapmethoden

segmenten	tijdstappen	nauwkeurigheid	rekensnelheid
kort	klein	+	-
kort	groot	- ↑	+/-
lang	klein	+/-	+/-
lang	groot	-	+

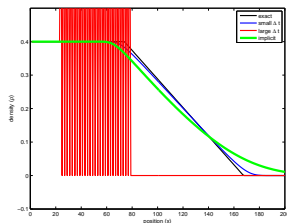
- ▶ korte segmenten: gedetailleerde info nodig
- ▶ grote tijdstappen: sneller rekenen
- ▶   simulatie met efficiënte tijdstapmethode

# Resultaten simulatie

## Begin toestand



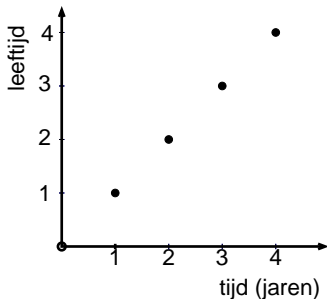
## Alternatieve tijdstapmethode



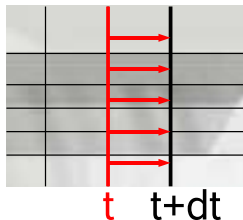
# Tijdstapmethoden (1/2)



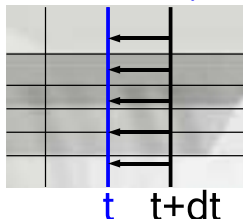
# Tijdstapmethoden (1/2)



Gebruikelijk (expliciet)  $\sim$ NL



Alternatief (impliciet)  $\sim$ CN





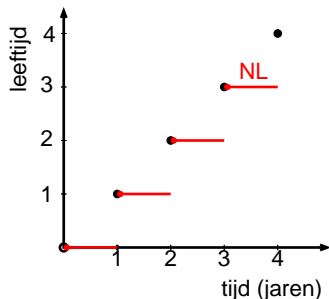
# Tijdstapmethoden (1/2)



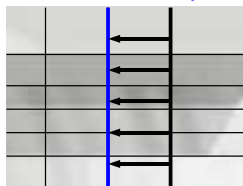
Gebruikelijk (expliciet)  $\sim NL$



$t$   $t+dt$



Alternatief (impliciet)  $\sim CN$



$t$   $t+dt$

# Tijdstapmethoden (1/2)

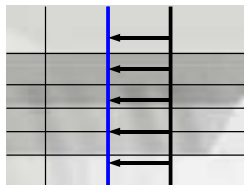


Gebruikelijk (expliciet)  $\sim$ NL

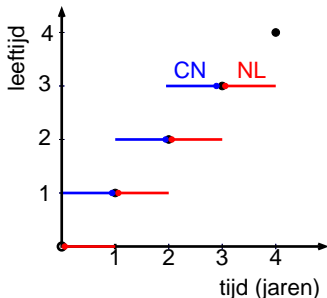


$t$   $t+dt$

Alternatief (impliciet)  $\sim$ CN



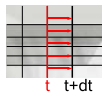
$t$   $t+dt$



# Tijdstapmethoden (2/2)

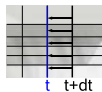
nieuwe  
dichtheid = dichtheid + instroom - uitstroom

Gebruikelijke tijdstapmethode (expliciet)



$$\rho_i^{\text{nieuw}} = \rho_i^{\text{oud}} + \frac{\Delta t}{\Delta x} \left( q_{i-1 \rightarrow i}^{\text{oud}} - q_{i \rightarrow i+1}^{\text{oud}} \right)$$

Alternatieve tijdstapmethode (impliciet)



$$\rho_i^{\text{nieuw}} = \rho_i^{\text{oud}} + \frac{\Delta t}{\Delta x} \left( q_{i-1 \rightarrow i}^{\text{nieuw}} - q_{i \rightarrow i+1}^{\text{nieuw}} \right)$$

# Resultaten en vervolgonderzoek (1/2)

## Eenvoudige tests

- ▶ rechte weg zonder op-/afritten
- ▶ eerste helft druk, 2e helft niet druk en omgekeerd

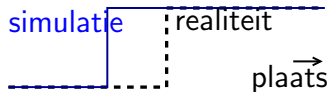
## Impliciete tijdstapmethode

- ▶ grote tijdstappen
- ▶ nauwkeurig
- ▶ 10 keer sneller

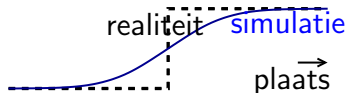
# Resultaten en vervolgonderzoek (2/2)

## Nauwkeurigheid

- ▶ Expliciete tijdstapmethode → locatiefout



- ▶ Impliciete tijdstapmethode → minder scherpe overgangen



## Vervolgonderzoek

- ▶ transitie congestie ↔ geen congestie
- ▶ complexere test cases: netwerk, meerdere gebruikersklassen

# Samenvatting en conclusie

- ▶ Macroscopisch model voor real time voorspellingen voor hoofdwegennetwerk
- ▶ Nauwkeurigheid en rekensnelheid
  - ▶ korte/lange segmenten
  - ▶ kleine/grote tijdstappen
  - ▶ tijdstapmethode (expliciet/impliciet)
- ▶ Nieuwe tijdstapmethode
  - ▶ korte segmenten
  - ▶ grote tijdstappen
  - ▶ nauwkeurig
  - ▶ 10 keer sneller