

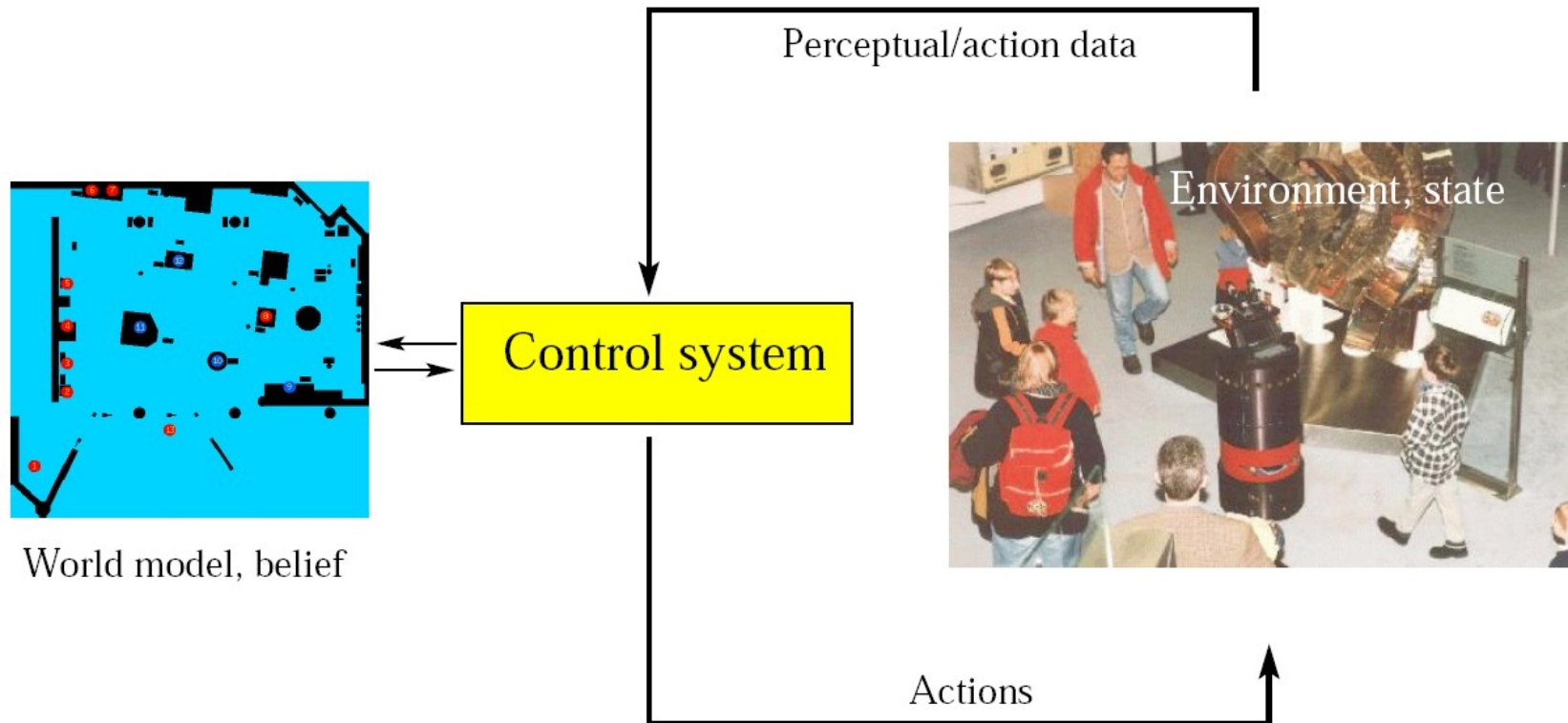
Übung 4: Partikelfilter

Robotik 2

DFKI Bremen & Universität Bremen
Robotics Innovations Center
Director: Prof. Dr. Frank Kirchner
www.dfki.de/robotics
robotics@dfki.de



- Messung der Umweltparameter
 - Abstandssensoren, Taktile Sensoren, Kameras
 - Messungen zwischen t_1 und t_2 werden als $z_{t_1:t_2} = \{z_{t_1}, z_{t_1+1}, z_{t_1+2}, \dots, z_{t_2}\}$ bezeichnet
- Messdaten beinhalten Informationen über:
 - Gegenwärtigen Zustand der Umwelt, und des Roboters selbst, diese Daten sind naturgemäß verrauscht
- Mögliche Aktionen des Roboters:
 - Manipulation von Objekten, Roboterbewegung
 - Auch Stillstand ist eine Umweltinteraktion
 - Kontrollaktionen zwischen t_1 und t_2 werden als $u_{t_1:t_2} = \{u_{t_1}, u_{t_1+1}, u_{t_1+2}, \dots, u_{t_2}\}$ bezeichnet



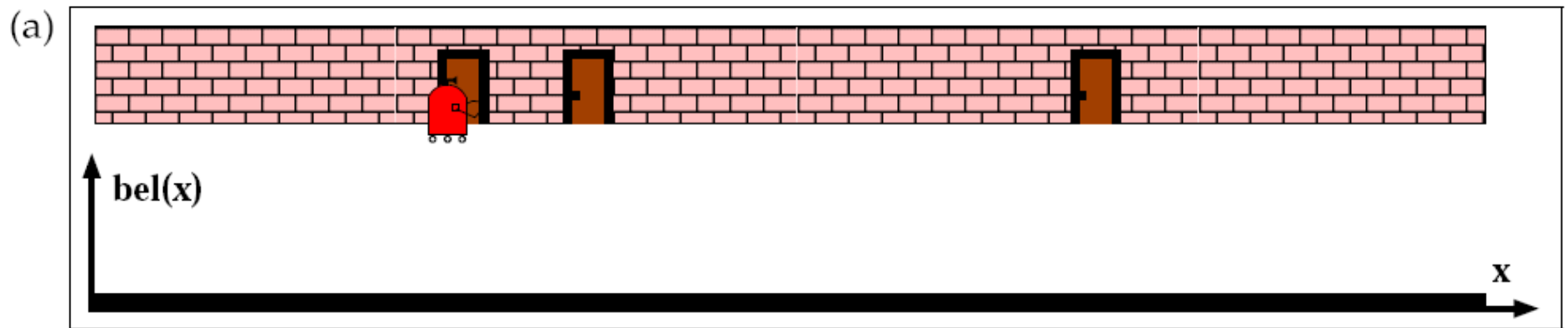
- Was gehört in den Zustand rein?
 - Umgebung (*alle* Aspekte, die einen Einfluss auf die Zukunft haben)
 - Roboter selber, Zustand des Speichers des Roboters
 - Das Wissen der Leute in der Umgebung
 - ...
- Nicht möglich vollständig zu repräsentieren, daher
 - Beschränkung auf Parameter, die ausreichen um zuverlässige Aussage über Zustand und unmittelbare Zukunft zu machen. Wahl so dass nicht einbezogene Zustandsvariablen nahezu zufälligen Einfluss haben
- Der Zustand des Roboters wird als vollständig bezeichnet, wenn:
 - Vergangene Zustände, Messungen und Kontroll-Inputs keine weitere Genauigkeit zur Vorhersage der Zukunft beitragen

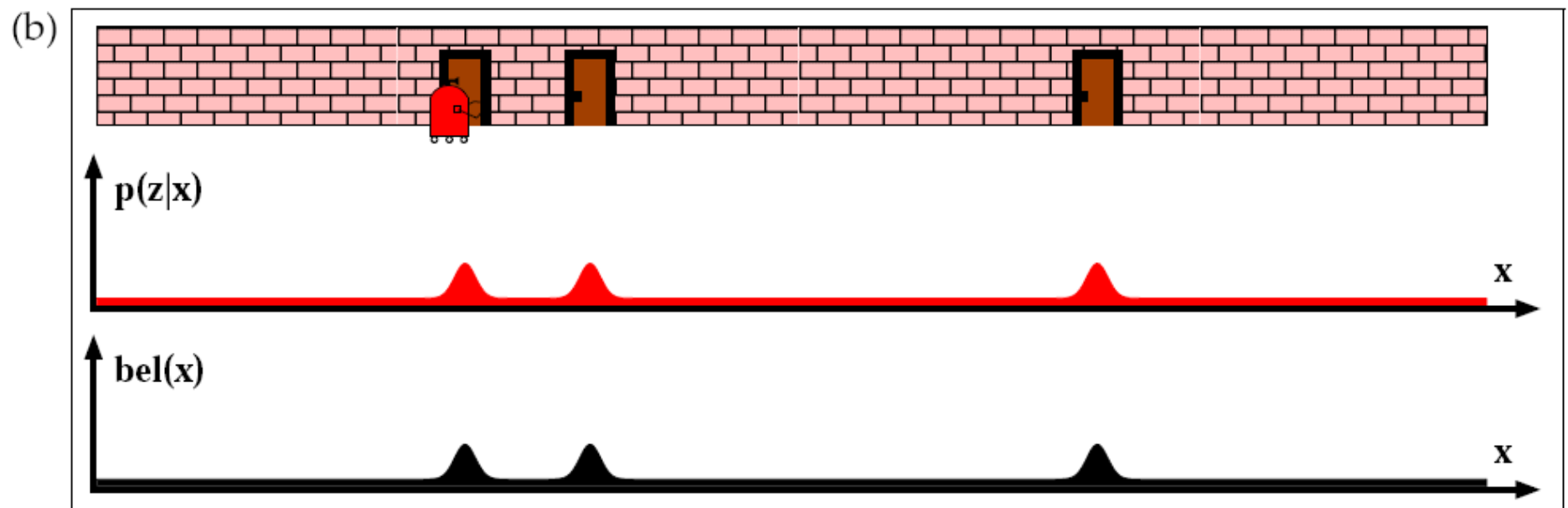
- Vollständige Repräsentation nicht möglich, Lösung?
 - Abschätzen von Umweltzustand/ eigenem Zustand
 - → Unterscheidung tatsächlicher Zustand/ Annahme (Belief)
- „Belief“:
 - spiegelt das interne Wissen über den Zustand der Umgebung wieder
 - Immer mit Unsicherheit behaftet (Kein Sensor ist 100% genau!)
- Belief wird ausgedrückt durch:
 - Bedingte Wahrscheinlichkeiten (conditional probabilities)
 - Zuordnung einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion zu jeder Hypothese über den Zustand
 - A-Posteriori-Verteilung: Berücksichtigung von Messungen und Control-Inputs

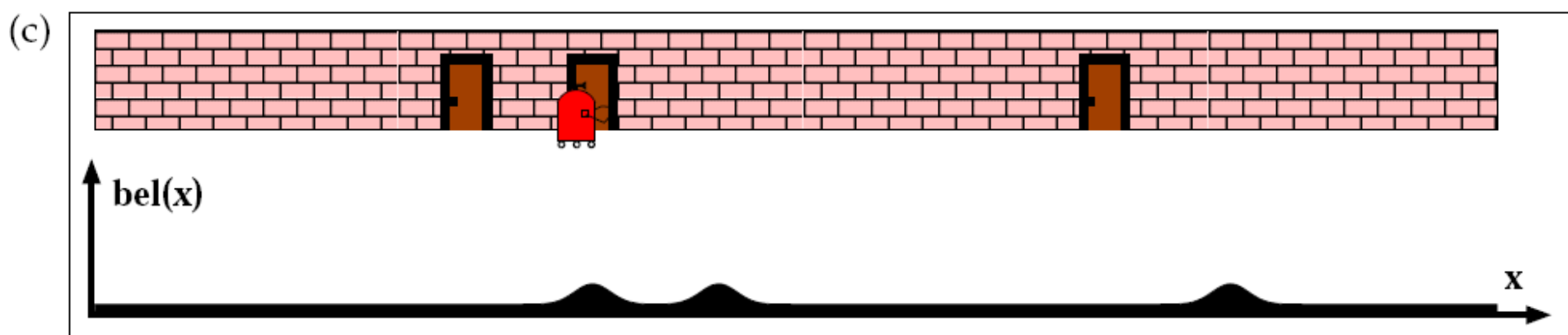
- Verknüpfung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung $p(x|y)$ mit ihrer „inversen“ $p(y|x)$

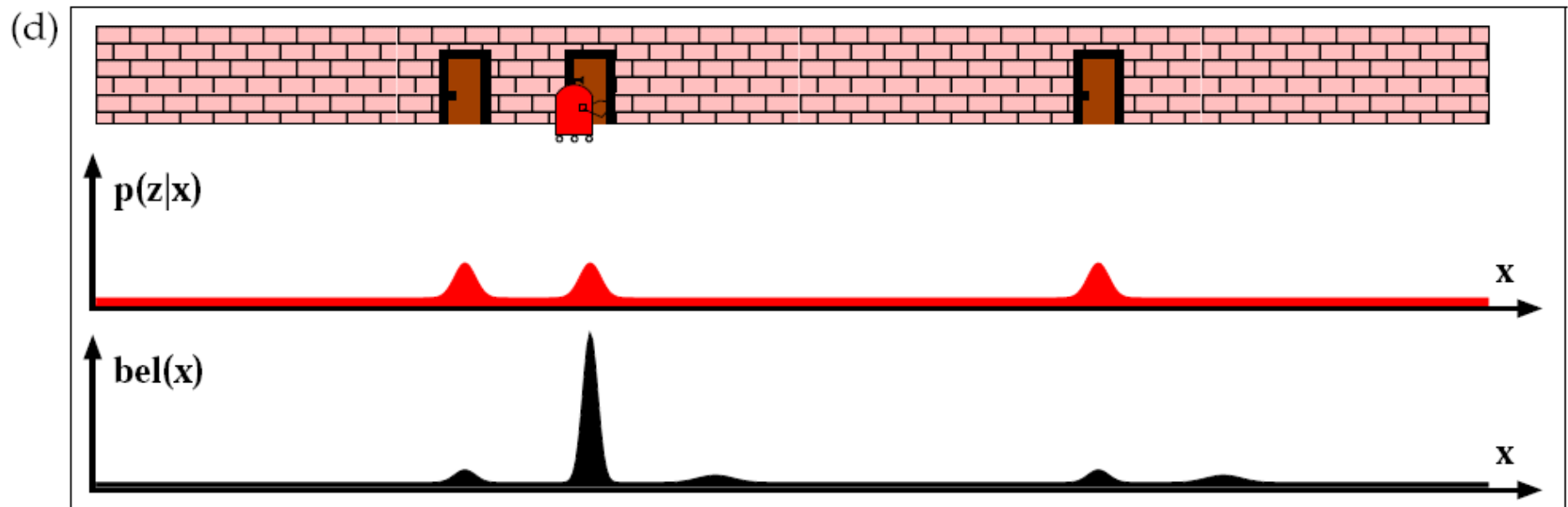
$$p(x|y, z) = \frac{p(y|x, z) \cdot p(x|z)}{p(y|z)}$$

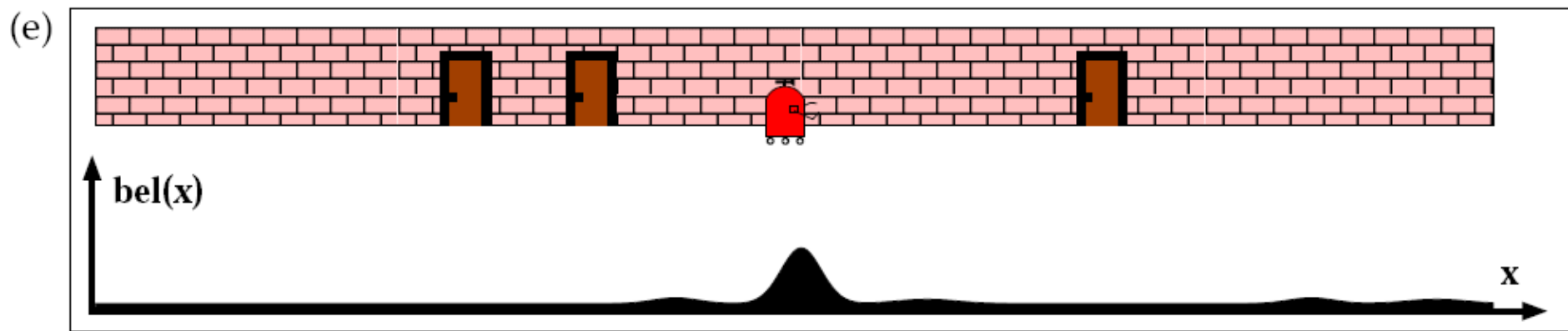
Belief-Funktion (Beispiel)











- PF ist eine spezielle Art des Bayes-Filters, Nutzung um unsichere Zustände abzuschätzen
- Unsicherheit durch:
 - Begrenzter Sichtbereich
 - Begrenzte Auflösung (ADC, Kamera, ...)
 - Rauschen der Sensoren
 - Dynamische Umgebungen
 - Zufällige Änderungen
- Partikel des Partikelfilters:

$$\mathcal{X}_t := x_t^{[1]}, x_t^{[2]}, \dots, x_t^{[M]}$$

M : Anzahl der Partikel

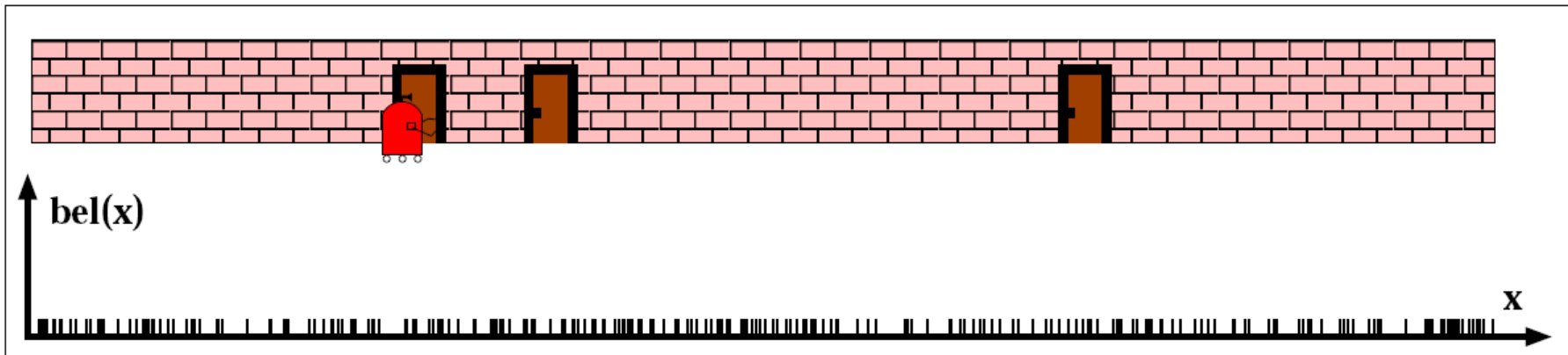
- Partikel werden genommen um die Belief-Funktion zu approximieren
- Wofür approximieren?
 - Vollständiger Zustand...
 - Integralrechnung kann unschön werden... (Ressourcen)
- Idee dahinter:
 - Je mehr Partikel in einer Region des Zustandsraumes, desto wahrscheinlicher liegt der aktuelle Zustand in diesem Bereich
- PF sind rekursiv, das aktuelle Set an Partikeln X_t wird durch das vorhergehende Set X_{t-1} , den Steuerbefehl u_t und die Messung z_t bestimmt

```

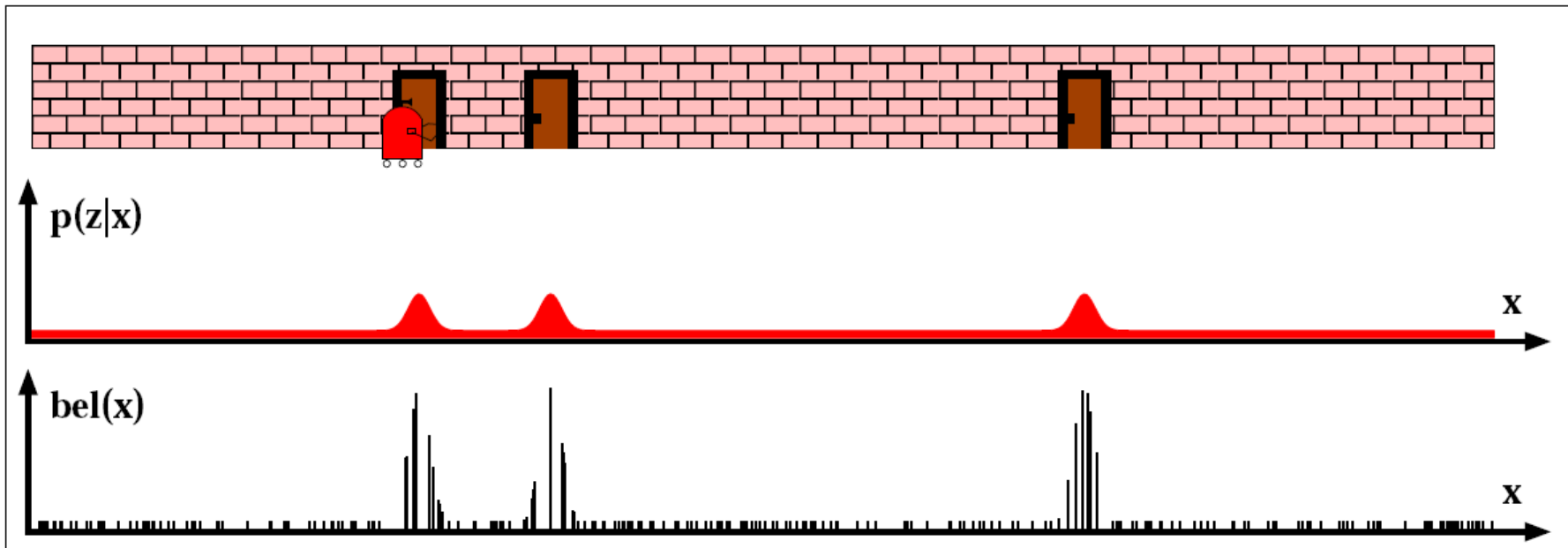
01: AlgorithmusPartikel-Filter( $\mathcal{X}_{t-1}, u_t, z_t$ ):
02:    $\overline{\mathcal{X}}_t = \mathcal{X}_t = \emptyset$ 
03:   for m=1 to M do
04:     sample  $x_t^{[m]} \sim p(x_t | u_t, x_{t-1}^{[m]})$ 
05:      $w_t^{[m]} = p(z_t | x_t^{[m]})$ 
06:      $\overline{\mathcal{X}}_t = \overline{\mathcal{X}}_t + \langle x_t^{[m]}, w_t^{[m]} \rangle$ 
07:   endfor
08:   for m=1 to M do
09:     draw  $i$  with probability  $\propto w_t^{[i]}$ 
10:     add  $x_t^{[i]}$  to  $\mathcal{X}_t$ 
11:   endfor
12:   return  $\mathcal{X}_t$ 

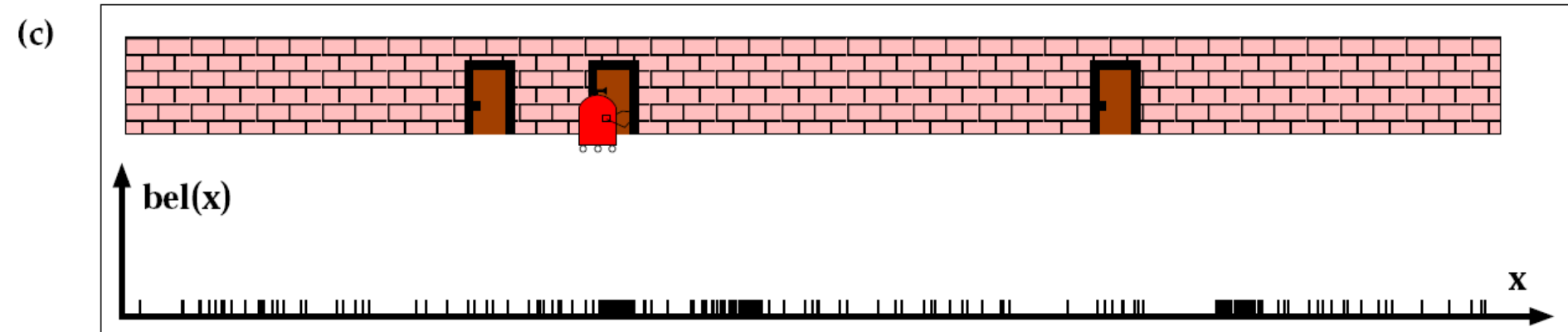
```

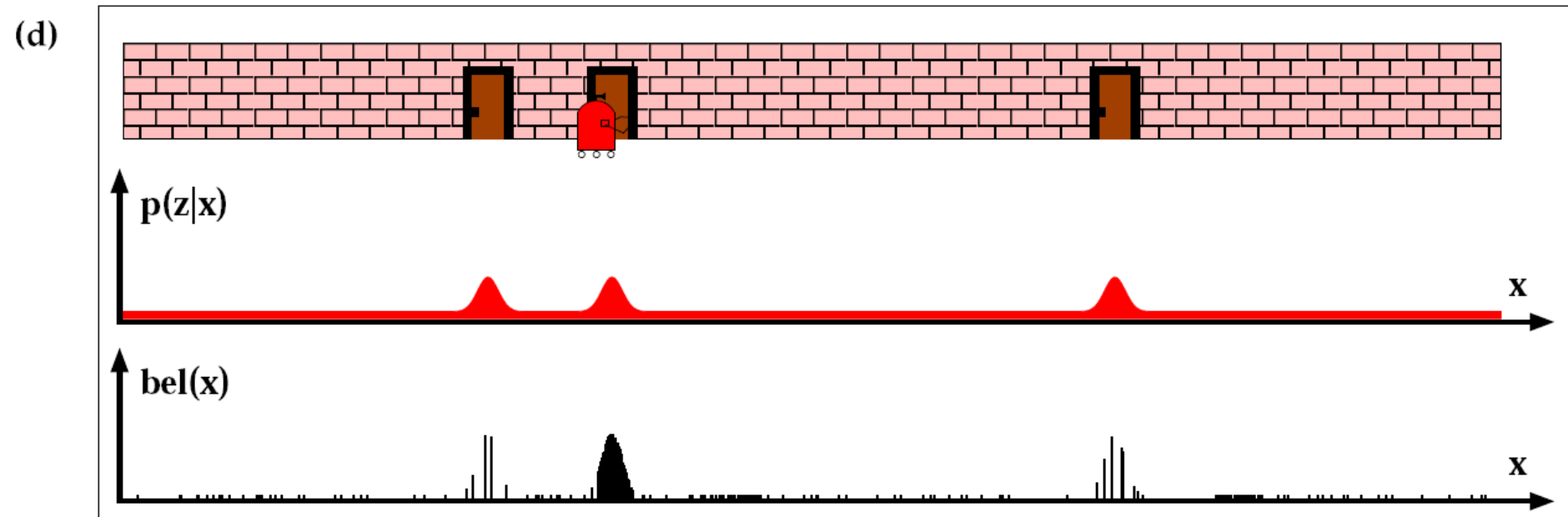
(a)



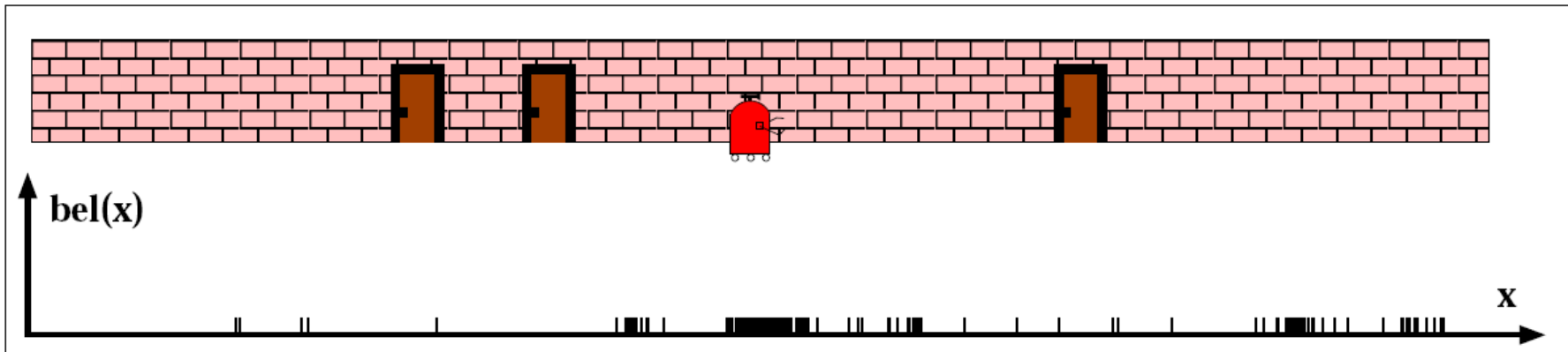
(b)







(e)





- Alle Bilder entnommen aus
 - Thrun, Burghard, Fox: *Probabilistic Robotics*