

Ohne Handumdrehen sauber

Saugroboter reinigen den Boden dank zahlreicher Sensoren und durchdachter Algorithmen zunehmend autonom.

Kerstin Sonnabend



alle Bilder: BSH Hausgeräte GmbH

No-go-Zonen – markiert auf der gespeicherten Karte des Raums – zeigen dem Saugroboter an, welche Bereiche beim Reinigen ausgespart bleiben sollen.

Haus oder Wohnung sauber zu halten, ist ein lästiges Geschäft. Da wäre es doch schön, wenn ein elektronischer Gehilfe die wiederkehrende Arbeit abnehmen und für mehr Freizeit sorgen würde. Saugroboter arbeiten autonom; wie ordentlich sie ihren Dienst verrichten, hängt aber nicht nur vom Modell, sondern auch von Zuschnitt und Einrichtung der eigenen vier Wände ab.

Die ersten Saugroboter kamen bereits Ende der 1980er-Jahre auf den Markt. Ihre Sensorik ermöglichte ein Reinigungsverhalten, das dem menschlichen nachempfunden war. Abnehmer fanden die Geräte aber nicht: Sie kosteten umgerechnet mehr als 10 000 Euro. Um den Markt zu erschließen, wurden in den 1990er-Jahren Modelle entwickelt, die auf große Rechenleistung und teure Sensoren verzichteten. Denn ein Raum lässt sich auch vollständig mit der sogenannten Amöbenstrategie reinigen, die ein chaotisches Fahren umsetzt:

Sobald der Roboter auf ein Hindernis trifft, sei es die Wand oder ein Stuhlbein, wählt er eine beliebige andere Richtung, um dieses zu umgehen. Dafür reichen Anstoßsensoren und eine einfache Software zur Steuerung aus; das Resultat sind Fahrten „kreuz und quer“ durch den Raum. Solche Modelle kosten heute etwa 100 Euro.

Ein typischer Saugroboter ist etwa zehn Zentimeter hoch und hat einen Durchmesser von 30 Zentimetern. Seitliche Antriebsräder sorgen für das Vorwärtkommen, während ein frontales Steuerrad die Richtung der Fahrt vorgibt. Eine Federung hilft, über kleine Hindernisse zu fahren. Treppenstufen lassen sich damit aber nicht überwinden. Mehrere Bürsten sammeln Staub und kleine Schmutzpartikel auf: Für Kanten an den Rändern des Raums sind Reinigungsmechanismen seitlich am Gerät angebracht; Walzen an der Unterseite säubern die Bodenfläche. Das Sammelgut landet in einem Staubfangbehälter, der ein

geringeres Volumen besitzt als herkömmliche Staubsauger.

Laut Herstellerangaben fahren die Geräte bei einem Arbeitsgang – also mit einer Akkuladung – zwischen 40 und 180 Quadratmeter ab. Dafür brauchen sie 30 bis 120 Minuten. Die große Spanne beruht zum einen auf der technischen Ausstattung der verschiedenen Geräte: je höher die Kapazität des Akkus, desto länger die Laufzeit, aber je größer die Saugleistung, desto kürzer die Laufzeit. Zum anderen ist der zu reinigende Untergrund entscheidend: Optimale Einsatzgebiete sind Hartböden wie Laminat, während bei weichen Teppichböden der größere Widerstand zu einem höheren Energieverbrauch bei geringerer Geschwindigkeit führt. Die Saugleistung ist durch den Akkubetrieb begrenzt, was sich jedoch ausgleicht, weil die autonomen Geräte häufiger im Einsatz sind als ihre manuell geführten Pendanten. Bei starker Verschmutzung besteht auch die Möglichkeit, mithilfe des Spot-Modus einen kleinen Bereich auf Anweisung intensiv zu reinigen: Der Roboter bewegt sich dann in kleinen überlappenden Kreisen nahezu auf einer Stelle.

Bei der Amöbenstrategie erhöhen häufige Richtungswechsel die Wahrscheinlichkeit, dass jeder Fleck im Raum erreicht wird. Dennoch lässt sich nicht vermeiden, dass einige Stellen seltener gereinigt werden oder gar nicht. Insbesondere an den Wänden, typischen Umkehrpunkten der Fahrt, gelingt eine vollständige Abdeckung nur schwer. Auch hier schaffen spezielle Modi Abhilfe, die eine Fahrt entlang der Kante ermöglichen. Wünschenswert wäre aber ein Saugroboter, der durch eine systematische Strategie den gesamten Raum gleichmäßig putzt und auf einer optimierten Route effizient arbeitet. Das ermöglichen seit den späten 2000er-Jahren Sensoren,

welche die Umgebung des Roboters erfassen, beispielsweise Kameras oder sogenannte Lidar-Sensoren.

Um sich autonom auf einer optimierten Route zu bewegen, muss der Roboter zunächst bei einer Erkundungsfahrt Daten seiner Umgebung erfassen und damit eine Karte anlegen. Die heutigen Speicherkapazitäten erlauben es, eine einmal erstellte Karte der Umgebung dauerhaft bereitzustellen. Mit ihr kann sich das Gerät in der Umgebung lokalisieren, falls es zwischenzeitlich beispielsweise in einem anderen Stockwerk eingesetzt war. Außerdem besteht die Möglichkeit, den Roboter anzuweisen, bestimmte Räume gründlicher zu reinigen oder ganz zu meiden. Maschinelles Lernen könnte zukünftig diese Anweisung obsolet machen: Wenn das Gerät die Küche anhand bestimmter Möbelstücke wie Ofen und Kühlschrank selbst als solche erkennt, kann es lernen, dass hier besondere Sorgfalt angebracht ist oder dass dieser Raum häufiger in einen autonom abzuarbeitenden Putzplan aufzunehmen ist.

Ein Sensor kommt selten allein

Zahlreiche Sensoren erfassen all diese Daten. Die einfachsten überwachen die inneren Zustände des Geräts wie die Temperatur oder den Ladezustand des Akkus, sodass der Roboter rechtzeitig die Ladestation ansteuern kann, um den Reinigungsvorgang nach dem Aufladen fortzusetzen. Mit einem Drucksensor lässt sich der Füllstand des Staubfangbehälters bestimmen, um zur Station zu fahren und seinen Inhalt abzusaugen. Ein Gyroskop und ein Encoder am Antrieb sorgen dafür, dass die Position und die Orientierung des Roboters im Raum eindeutig feststellbar sind. Der Encoder zählt die Umdrehungen des Antriebsrads und bestimmt daraus die zurückgelegte Strecke; das Gyroskop zeigt Richtungsänderungen an. Mit dieser Koppelnavigation überbrücken auch GPS-Systeme den Ausfall von Satellitensignalen, etwa im Tunnel.

Für die Nahfeldererkennung sind Taster, Ultraschall- oder Infrarotsensoren zuständig. Sie sind in Fahrtrichtung fokussiert angebracht. Um vorausschauend zu navigieren,

überwachen sie aber auch das seitliche und rückwärtige Umfeld. Ein Infrarotsensor besteht beispielsweise aus einer LED als Sender und einem Photodetektor als Empfänger. Wie beim Lidar ergibt sich der Abstand zu einem Objekt aus der Laufzeit des gestreuten Signals. Infrarotlicht lässt sich besser fokussieren als Ultraschall und reagiert weniger empfindlich auf Mehrfachreflexionen. Das erlaubt es, die Umgebung mit höherer Auflösung zu erfassen. Allerdings können dünne Objekte wie Stuhlbeine „übersehen“ werden. Um dies zu vermeiden, kommen mehrere Sensoren gleichzeitig zum Einsatz.

Ohnehin lassen sich intelligente Entscheidungen bezüglich der Route nur dann treffen, wenn redundante Informationen vorliegen. So messen beispielsweise immer mehrere Absturzsensoren die Höhenunterschiede in der Umgebung, um zu verhindern, dass der Roboter an Treppen und Stufen herunterfällt. Ein Algorithmus kombiniert diese Daten: Erst wenn mehrere Informationen auf nicht durch den Roboter überwindbare Höhendifferenzen hindeuten, wird eine neue Route gesucht. Typischerweise sorgen etwa 20 Sensoren dafür, dass sich der Saugroboter autonom im Raum bewegt. Dass dies heute kostengünstig und platzsparend umsetzbar ist, beruht meist auf Entwicklungen für den Mobilfunksektor: Auch Smartphones nutzen beispielsweise Gyroskope, um die Bildschirmansicht von Hoch- auf Querformat anzupassen.

Obwohl in der Werbung für Saugroboter manchmal vom Einsatz Künstlicher Intelligenz die Rede ist, handelt es sich aber oftmals (noch) um ausgeklügelte Algorithmen, welche die Daten der zahlreichen Sensoren des Geräts und

die gespeicherten Informationen vorangegangener Reinigungsgänge kombinieren, um eine optimierte Route zu berechnen. Neuronale Netze kommen bisher nicht flächendeckend zum Einsatz, da der Trainingsaufwand aktuell sehr hoch ist, um Situationen im Haushalt zuverlässig zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren.

Zunehmend leistungsfähige Sensorik und Rechenleistung reduzieren aber nicht den Aufwand, der kombinatorisch hinter der Aufgabe steht, die ein Saugroboter zu lösen hat. Die gesamte Fläche durch einzeln abgearbeitete Teilflächen zu reinigen, entspricht dem Mengenüberdeckungsproblem, die Frage nach einer idealen Route dem Problem des Handlungsreisenden. Hier könnten in Zukunft lernende Systeme schneller zu effizienterem Arbeiten führen.

In einem Smart Home bieten die Saugroboter zudem durch ihre Beweglichkeit viele Möglichkeiten. Sensoren für Temperaturgradienten oder Lichtverhältnisse könnten Heizkörper oder Klimaanlage regeln und die Beleuchtung anpassen. Unabhängig davon zeugt der Einsatz mehrerer Millionen Saugroboter weltweit davon, wie alltagstauglich die elektronischen Gehilfen mittlerweile geworden sind.^{#)}

^{#)} Ich danke Dr.-Ing. Maximilian Fremerey (BSH Hausgeräte GmbH) und Dr. Alexander Kleiner (Robotic Systems, Robert Bosch GmbH) für die ausführlichen Informationen.



Saugroboter arbeiten autonom: wie ordnen sie ihren Dienst verrichten, hängt aber nicht vom Modell, sondern auch von Zuschnitt und Einrichtungsart ab.