



## Pflichtenheft

SEP - ITS - Team

Max Binder, Florian Bürchner, Martin Freund,  
Florian Lorenz, Andreas Poxrucker, Andreas Wilhelm

22. Oktober 2010

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zielbestimmung</b>	<b>3</b>
1.1	Musskriterien . . . . .	3
1.2	Wunschkriterien . . . . .	4
1.3	Abgrenzungskriterien . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Produkteinsatz</b>	<b>6</b>
2.1	Anwendungsbereiche . . . . .	6
2.2	Zielgruppen . . . . .	6
2.3	Betriebsbedingungen . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Produktumgebung</b>	<b>7</b>
3.1	Software . . . . .	7
3.2	Hardware . . . . .	7
3.3	Orgware . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Produktfunktionen</b>	<b>8</b>
4.1	e-puck Roboter . . . . .	8
4.1.1	Netzwerkfunktionen . . . . .	8
4.1.2	Bewegungsfunktionen . . . . .	8
4.1.3	Erkundungsfunktionen . . . . .	9
4.1.4	Allgemeine Funktionen . . . . .	9
4.2	Smartphone . . . . .	10
4.2.1	Netzwerkfunktionen . . . . .	10
4.2.2	Erweiterte Funktionen . . . . .	10
4.2.3	Steuerungsfunktionen . . . . .	10
4.2.4	Funktionen der grafischen Benutzeroberfläche . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Produktdaten</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Produktleistungen</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Benutzungsoberfläche</b>	<b>14</b>
7.1	Dialogstruktur . . . . .	14
7.2	Dialog 'e-puck-Auswahl' . . . . .	14
7.3	Dialog 'Karte' . . . . .	15
7.4	Dialog 'Steuerung' . . . . .	15
7.5	Dialog 'Statistik' . . . . .	16
<b>8</b>	<b>Qualitätsbestimmungen</b>	<b>17</b>
8.1	e-puck Roboter . . . . .	17
8.2	Smartphone . . . . .	17
<b>9</b>	<b>Globale Testszenarien und Testfälle</b>	<b>19</b>

# 1 Zielbestimmung

Das Ziel des Projekts ist die automatische Erkundung eines unbekannten, in Quadrate eingeteilten Spielfelds durch bis zu sechs e-puck Roboter. Die Erkundung soll durch Zusammenarbeit der Roboter möglichst effizient erfolgen. Das bereits erkundete Gebiet sowie die aktuellen Positionen der e-pucks werden mittels einer Anwendung auf einem Android Smartphone dargestellt. Außerdem kann mit dem Smartphone einer der teilnehmenden e-puck Roboter ausgewählt und halbmanuell<sup>1</sup> gesteuert werden.

## 1.1 Musskriterien

- e-puck Roboter
  - Variable Anzahl von Robotern  
*Die Erkundung der Spielfläche kann durch bis zu sechs e-puck Roboter erfolgen.*
  - Kommunikation über ein Bluetooth-Netzwerk  
*Die Kommunikation der e-pucks untereinander erfolgt über ein Bluetooth-Netzwerk. Dieses wird von den e-pucks selbstständig aufgebaut.*
  - Erkundung einer unbekannten in Quadrate eingeteilten Fläche ausgehend von fest definierten Startpositionen  
*Das Spielfeld besteht aus einer Menge von quadratischen Feldern. Diese sind rasterförmig und zusammenhängend angeordnet. Ein Feld ist mindestens 10cm x 10cm groß. Die Startpositionen der e-puck Roboter sind fest vordefiniert.*
  - Fortbewegung auf den Kanten der Quadrate  
*Die Linien des Spielfeldes müssen schwarz mit ausreichendem Kontrastverhältnis zum Untergrund sein. Zwingend erforderlich ist, dass die Breite der Linien innerhalb der Spezifikation der Bodensensoren liegt.*
  - Vermeidung von Kollisionen  
*Während der Bewegung über das Spielfeld vermeiden die Roboter Kollisionen mit anderen Robotern.*
  - Gleichberechtigung der teilnehmenden Roboter  
*Alle Roboter der Gruppe haben den selben Aufgabenbereich. Es gibt keine zentrale Einheit zur Koordination und Synchronisation.*
  - Einstellbare Geschwindigkeit  
*Die Geschwindigkeit einzelner e-puck Roboter lässt sich vom Benutzer steuern. Insbesondere können Roboter zum Stillstand gebracht werden.*
  - Dynamische Anpassung der Erkundung bei Deaktivierung / Ausfall einzelner Roboter  
*Die erfolgreiche Erkundung des Spielfeldes ist gewährleistet, solange mindestens ein Roboter aktiv ist. Das bedeutet, der e-puck wird nicht vom Benutzer angehalten oder manuell gesteuert. Außerdem müssen die unerkundeten Bereiche von ihm erreichbar sein.*

---

<sup>1</sup>Die möglichen Bewegungsrichtungen sind durch die Fahrbahnlinien eingeschränkt

- Rückkehr zum Ausgangspunkt  
*Nach Abschluss des Erkundungsvorgangs kehren alle Roboter zu ihren jeweiligen Startpositionen zurück.*
- Smartphone
  - Kommunikation über Bluetooth  
*Die Verbindung und Kommunikation mit den Robotern erfolgt über die Bluetooth-Schnittstelle des Smartphones.*
  - Visualisierung  
*Die bereits erkundeten Gebiete werden in einer benutzerfreundlichen Android-Anwendung übersichtlich dargestellt. Auf dieser Karte werden zusätzlich die aktuellen Positionen der e-pucks eingetragen.*
  - Manuelle Steuerung eines Roboters  
*Mit Hilfe der Anwendung kann einer der teilnehmenden e-pucks ausgewählt werden. Dieser lässt sich durch den Benutzer entlang der Linien in einstellbarer Geschwindigkeit steuern. Es kann jeweils nur ein Roboter zur selben Zeit ausgewählt und gesteuert werden.*
  - Zwei Steuerungsarten  
*Die manuelle Steuerung der Roboter erfolgt wahlweise über einen On-Screen-Joystick oder über den im Handy integrierten Beschleunigungssensor.*

## 1.2 Wunschkriterien

- e-puck Roboter
  - Zustandsvisualisierung  
*Die e-pucks stellen ihren aktuellen Zustand, zum Beispiel ‘Erkundung läuft’ oder ‘Erkundung beendet’, mit Hilfe der ihnen zur Verfügung stehenden Mittel dar.*
  - Beliebige Startpositionen  
*Die Roboter können auf frei wählbaren Startpositionen innerhalb des Spielfeldes abgesetzt werden. Um dennoch Synchronisation zu erreichen ist ein erweiterter Lokalisierungsvorgang notwendig.*
  - Einstellbarer Synchronisationsmodus  
*Der Lokalisierungsmodus zwischen den e-puck Robotern lässt sich mit Hilfe des Programmselektors auswählen.*
  - Kritische Bereiche  
*Auf dem Spielfeld gibt es Bereiche, in denen ein e-puck keine Nachrichten senden und empfangen darf. Diese Gebiete werden als ‘Kritische Bereiche’ bezeichnet und müssen während des Erkundungsvorgangs besonders berücksichtigt werden.*
- Smartphone
  - Anzeige von Statusinformationen  
*Mit Hilfe des Smartphones ist es möglich, Informationen über den aktuellen Status der e-puck Roboter übersichtlich anzuzeigen.*

- Pfadanzeige von Robotern  
*Das Smartphone bietet die Möglichkeit den Pfad anzuzeigen, den jeder e-puck im Rahmen der Erkundung zurückgelegt hat.*
- Exportfunktion für erkundete Karten  
*Teilweise und vollständig erkundete Karten können in geeigneter Weise exportiert und auf dem Smartphone abgespeichert werden.*
- Internationalisierung  
*Die Anwendung ist in den Sprachen Deutsch und Englisch verfügbar.*

### 1.3 Abgrenzungskriterien

- Keine Unterstützung für abweichende Spielfelder  
*Die Felder und zugehörigen Linien müssen den in den Musskriterien genannten Voraussetzungen genügen. Es sind zum Beispiel keine runden oder diagonalen Verbindungslinien erlaubt.*
- Keine Berücksichtigung von dynamischen Änderungen des Spielfeldes  
*Nachdem der Erkundungsvorgang gestartet wurde, dürfen keine Modifikationen am Spielfeld getätigt werden, welche Einfluss auf den Erkundungsalgorithmus zur Folge hätten. Insbesondere werden keine nachträglichen Änderungen an bereits erkundeten Gebieten berücksichtigt.*
- Unterstützung für maximal ein Smartphone  
*Es kann lediglich ein Smartphone zur Auswahl, Steuerung und Visualisierung verwendet werden.*
- Größe des Spielfeldes  
*Der Arbeitsspeicher des e-puck Roboter stellt eine Obergrenze des speicherbaren Spielfeldes dar.*

## 2 Produkteinsatz

### 2.1 Anwendungsbereiche

Das Projekt ist eine Forschungsarbeit in den Gebieten:

- Robotik
- Verteilte Systeme
- Künstliche Intelligenz

### 2.2 Zielgruppen

Zielgruppen des Projektes sind insbesondere:

- Studenten
- Forschungsgruppen in ähnlichen Bereichen
- e-puck Gemeinde

### 2.3 Betriebsbedingungen

- Ausreichende Stromversorgung  
*Die Akkuleistung der einzelnen Roboter und des Smartphones muss für die gesamte Dauer der Lokalisierung, Erkundung und Rückkehr in die Startpositionen ausreichend sein.*
- Geeignete Bedingungen für Funknetzwerke  
*Die Ausmaße des Spielfelds, die Abstände zwischen den e-pucks und zum Smartphone sowie Signale anderer Netze dürfen keine störenden Einflüsse auf die Bluetooth-Verbindungen haben.*
- Betriebsbedingungen der e-puck Roboter und des Smartphones  
*Die weiteren Betriebsbedingungen können dem Benutzerhandbuch entnommen werden.*
- Wartungsfrei  
*Das System bedarf keiner regelmäßigen Wartung oder Aktualisierung.*
- Namenskonventionen für das Bluetooth-Modul der e-puck-Roboter  
*Die Kennung des Bluetooth-Modul der e-puck-Roboter muss zwingend folgender Namenskonventionen genügen: e-puck\_????<sup>2</sup>*

---

<sup>2</sup> ? entspricht einer Ziffer

## 3 Produktumgebung

### 3.1 Software

- Android Software ab Version 2.1
- CyanogenMod für Android Handys ab Version 6.0.1

### 3.2 Hardware

- e-puck Roboter (HW Rev. 2) mit Erweiterungsmodul für Bodensensoren
- Bluetooth fähiges Android Smartphone mit geeigneter Bildschirmauflösung, Touch-Display und optionalem Beschleunigungssensor zur Steuerung

### 3.3 Orgware

- Tiny Bootloader Version 1.97 zum Programmieren der e-puck Roboter
- Tiny Bootloader mit 16x PLL für e-puck
- PC ab MS Windows XP SP2 mit Bluetooth Modul
- APK-Installationsprogramm zur Übertragung der Anwendung auf das Smartphone per USB-Kabel  
(z.B. HTC Sync für HTC Geräte)

## 4 Produktfunktionen

### 4.1 e-puck Roboter

#### 4.1.1 Netzwerkfunktionen

**/F50/** Suchfunktion

*Ein e-puck Roboter kann andere e-puck Roboter in Reichweite seines Bluetooth-Moduls entdecken.*

**/F60/** Wahl der Kommunikationspartner

*Ein Roboter wählt beliebig einen anderen e-puck zum Aufbau einer Verbindung aus.*

**/F65/** Verbindungsaufbau

*Die Verbindung wird zu dem ausgewählten Roboter (**/F60/**) aufgebaut und in die vorhandene Netzwerkstruktur integriert.*

**/F70/** Broadcast-Kommunikation

*Die e-puck Roboter können über bestehende Bluetooth-Verbindungen per Broadcast Nachrichten austauschen. Auch die Kommunikation mit dem Smartphone erfolgt via Broadcast.*

**/F75W/** Kommunikationsunterdrückung

*Erreicht ein e-puck einen kritischen Bereich auf dem Spielfeld, kann er über bestehende Bluetooth-Verbindungen weder Nachrichten senden noch empfangen. Die Verbindungen an sich bleiben bestehen.*

#### 4.1.2 Bewegungsfunktionen

**/F80/** Grundbewegungen

*Der e-puck kann sich links und rechts um 90 oder 180 Grad drehen. Das Vorwärtsfahren erfolgt in Kamerarichtung des Roboters. Rückwärtsbewegungen entgegen der Kamerablickrichtung sind nicht möglich.*

**/F85/** Einstellbare Fahrgeschwindigkeit

*Die Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Roboter fortbewegt, kann stufenweise eingestellt werden. e-pucks können auch komplett angehalten werden. Eine Fortsetzung des Bewegungsvorgangs erfolgt durch erneute Erhöhung der Geschwindigkeit.*

**/F90/** Kollisionsvermeidung durch Austausch von Positionsinformationen

*Die Wegewahl eines e-puck Roboters wird durch Positionsangaben und Zielkoordinaten anderer Teilnehmer beeinflusst. Dadurch reduziert sich die Anzahl von möglichen Kollisionen.*

**/F95/** Kollisionsvermeidung durch Verwendung der Abstandssensoren

*Zusätzlich zu **/F90/** werden Informationen der integrierten Abstandssensoren verwendet, um bevorstehende Kollisionen zu vermeiden.*

**/F100/** Linienverfolgung

*Die e-pucks bewegen sich auf dem Spielfeld nur auf den vorhandenen Linien. Das gilt auch für e-pucks, die mit dem Smartphone halbmanuell gesteuert werden.*



**/F110/ Knotenanalyse**

*Ein e-puck erkennt beim Überfahren eines Knotens in welche Richtungen er weiterfahren kann.*

**4.1.3 Erkundungsfunktionen****/F120/ Lokalisierung**

*Vor Beginn des Erkundungsvorgangs einigen sich die e-pucks untereinander auf einen gemeinsamen Bezugspunkt und ermitteln relativ dazu ihre eigene Position. Die e-pucks starten in diesem Fall von fest definierten Startpositionen.*

**/F130/ Auswahl des günstigsten zu erkundenden Knotens**

*Jeder Roboter wählt selbständig den für ihn günstigsten noch nicht erkundeten Knoten.*

**/F135/ Wegfindung und Fahrt zu bestimmten Knoten**

*Die Roboter berechnen den Weg mit den geringsten Kosten zu einem bestimmten Knoten und bewegen sich anhand dieser Wegwahl dorthin.*

**/F140/ Kartensynchronisation**

*Während des Erkundungsvorgangs tauschen die e-pucks kontinuierlich Informationen über die von ihnen erkundeten Felder aus. Ist ein Smartphone mit dem Netzwerk verbunden, erhält auch dieses entsprechende Nachrichten.*

**/F150/ Lokale Kartenkonstruktion**

*Jeder e-puck speichert lokal die bisher erkundete Karte. Diese wird mit Hilfe der Informationen aus den Nachrichten der anderen e-pucks sowie den eigenen Erkundungsergebnissen konstruiert.*

**/F155/ Vollständigkeitserkennung**

*Die e-puck Roboter erkennen, dass das Spielfeld komplett erkundet wurde.*

**/F160/ Rückkehrfunktion**

*Nachdem das Gebiet vollständig erkundet worden ist, fahren die e-pucks wieder an ihre Startpositionen zurück.*

**/F170W/ Globale Lokalisierung**

*Starten die e-pucks nicht auf fest definierten Startpositionen, sondern auf beliebigen Feldern innerhalb des Spielfeldes, so können sich die Roboter durch vorher nicht festgelegte Treffpunkte untereinander lokalisieren.*

**4.1.4 Allgemeine Funktionen****/F180/ Kalibrierung**

*Die Linien- und Abstandssensoren lassen sich vom Benutzer manuell kalibrieren und dauerhaft abspeichern.*

**/F190W/ Zustandsvisualisierung**

*Der aktuelle Zustand (z.B. Kollisionen, manuelle Steuerung, synchronisiert) der einzelnen e-puck Roboter wird durch Verwendung verschiedener Aktoren und Außen-LEDs verdeutlicht.*

## 4.2 Smartphone

### 4.2.1 Netzwerkfunktionen

**/F200/** Suchfunktion

*Das Smartphone entdeckt e-puck Roboter in Reichweite seines Bluetooth-Moduls.*

**/F205/** Auswahl eines e-puck Roboters

*Der Benutzer kann am Smartphone einen e-puck Roboter zum Aufbau einer Verbindung wählen.*

**/F210/** Verbindungsaufbau

*Das Smartphone kann sich via Bluetooth mit dem e-puck verbinden, der in **/F205/** ausgewählt wurde.*

**/F220/** Kommunikationsfunktion

*Das Smartphone kann über den verbundenen e-puck (**/F210/**) mit sämtlichen Netzwerkteilnehmern kommunizieren.*

**/F225/** Verbindungsabbau

*Die in **/F210/** aufgebaute Verbindung kann getrennt werden.*

### 4.2.2 Erweiterte Funktionen

**/F230/** Statistikfunktion

*Die eingehenden Daten der e-puck Roboter werden aufbereitet, sodass folgende Statistikinformationen für den Benutzer zur Verfügung stehen:*

- Laufzeit der einzelnen e-puck Roboter
- Anzahl der erkundeten und befahrenen Knoten je e-puck
- Gesamtzahl der erkundeten und befahrenen Knoten
- Gesamtverhältnis von erkundeten zu befahrenen Knoten

**/F240W/** Internationalisierung

*Die Texte der Benutzeroberfläche werden abhängig von der gewählten Systemsprache des Smartphones angezeigt. Wird eine Sprache nicht unterstützt, so ist die Ausgabe standardmäßig englischsprachig.*

**/F250W/** Kartenspeicherung

*Die aktuell dargestellte Karte lässt sich auf dem Smartphone persistent abspeichern.*

**/F260W/** Ladefunktion

*Gespeicherte Kartendaten **/F250W/** können auf der Kartendarstellung des Smartphones geladen werden.*

### 4.2.3 Steuerungsfunktionen

**/F270/** Steuerungsfunktion mit einem On-Screen-Joystick

*Der ausgewählte e-puck kann mit einem On-Screen-Joystick halbmanuell gesteuert werden. Die Bewegung erfolgt weiterhin auf den Linien des Spielfeldes. Die Geschwindigkeit kann stufenweise eingestellt werden. Die letzte Stufe stellt einen Stillstand des e-puck Roboter dar.*

**/F280/** Steuerungsfunktion mit dem eingebauten Beschleunigungssensor  
*Alternativ kann der ausgewählte e-puck mit Hilfe des eingebauten Beschleunigungssensors halbmanuell gesteuert werden. Auch in diesem Fall bewegt sich der Roboter nur auf den Linien des Spielfeldes. Die Geschwindigkeit kann stufenweise eingestellt werden.*

#### 4.2.4 Funktionen der grafischen Benutzeroberfläche

**/F290/** Roboterwahl durch Dropdown-Steuerelement  
*Ein Roboter lässt sich durch die Auswahl eines Eintrages im Dropdown-Steuerelement auswählen.*

**/F300/** Roboterwahl durch Kartenberührung  
*Ein Roboter lässt sich alternativ über Berührung des entsprechenden e-pucks auf der Karte auswählen.*

**/F310/** Auswahl der Steuerungsart  
*Der Benutzer hat die Möglichkeit über ein Dropdown-Steuerelement die Steuerungsart zu wählen. Zur Auswahl steht der On-Screen-Tasten-Joystick oder der integrierte Bewegungssensor (gemäß **/F270/**, **/F280/**).*

**/F320/** Auswertung und Anzeige von Feldüberquerungen  
*Es wird die Anzahl an Überquerungen je Feld gespeichert. Auf der Kartendarstellung erscheinen häufig befahrene Felder weniger transparent als selten befahrene.*

**/F330/** Autoskalierung der Karte  
*Je nach Ausdehnung der Karte wird diese optimal auf dem Display dargestellt.*

**/F340W/** Zoomfunktion  
*Der Benutzer kann mit Hilfe von Fingergesten in die Karte hinein bzw. heraus-zoomen. Der Kartenausschnitt kann hierbei verschoben werden.*

## 5 Produktdaten

**/D100/** Kalibrierwerte

*Die Werte der Boden- und der Abstandssensoren werden nach dem Kalibrierungsvorgang dauerhaft abgespeichert.*

**/D110W/** Kartendaten

*Die aktuell dargestellte Karte kann zu jeder Zeit auf dem Android-Smartphone gespeichert werden.*

## 6 Produktleistungen

- /L50/** Wiederaufbau der Bluetooth-Verbindung nach Verbindungsverlust  
*Bei Verbindungsverlust eines Teilnehmers wird die Verbindung möglichst schnell wieder aufgebaut.*
- /L60/** Robustheit des Systems bei Ausfall von e-puck Robotern  
*Trotz des Ausfalls von einem oder mehreren Robotern kann der Betrieb fortgesetzt werden.*
- /L65/** Gewährleistung der vollständigen Erkundung  
*Solange sich mindestens ein e-puck Roboter im Erkundungsmodus befindet, nicht angehalten wird und der Zugang zu den unerkundeten Feldern zugänglich ist, wird die vollständige Erkundung gewährleistet.*
- /L70/** Möglichst effiziente Erkundung des Spielfelds  
*Durch Zusammenarbeit mehrerer e-puck Roboter wird das Spielfeld möglichst effizient erkundet.*
- /L80/** Ungültige Richtungsanweisungen werden erkannt und nicht ausgeführt  
*Das System erkennt fehlerhafte Anweisungen des Benutzers und verweigert die Ausführung.*
- /L90/** Einarbeitungszeit  
*Die Benutzerschnittelle des Smartphones ist komfortabel und übersichtlich. Dadurch kann die Einarbeitungszeit auch für unerfahrene Benutzer kurz bleiben.*
- /L100/** Unterstützte Spielfeldgröße  
*Die e-puck Roboter können ein Spielfeld mit bis zu 500 Knotenpunkten vollständig erkunden.*

## 7 Benutzungsoberfläche

### 7.1 Dialogstruktur

Im folgenden Schaubild wird die grundlegende Dialogstruktur der Android-Anwendung dargestellt.

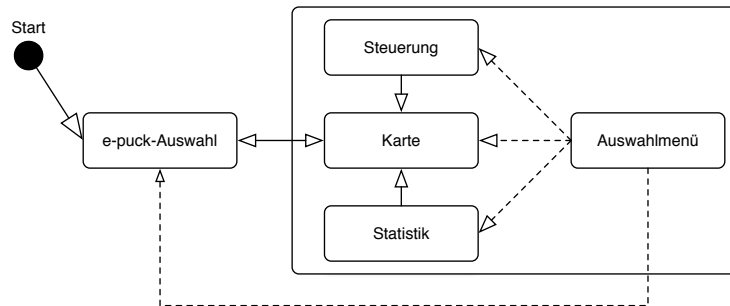


Abbildung 1: Dialogstruktur

Nach Start der Anwendung kann der Benutzer wahlweise einen verbindungsbe-  
reiten e-puck Roboter auswählen oder eine exportierte Karte laden. Daraufhin  
wird auf den Dialog 'Karte' gewechselt.

Über das Programm-Menü kann zwischen den Dialogen 'Steuerung', 'Karte'  
und 'Statistik' gewechselt werden. Befindet sich die Anwendung auf dem Dia-  
log 'Karte', so kann über die Zurück-Funktion die aktuelle Verbindung zu einem  
Roboter getrennt und zur e-puck-Auswahl gewechselt werden. Auf den Dialogen  
'Steuerung' und 'Statistik' wird über die Zurück-Funktion auf 'Karte' gewech-  
selt.

### 7.2 Dialog 'e-puck-Auswahl'

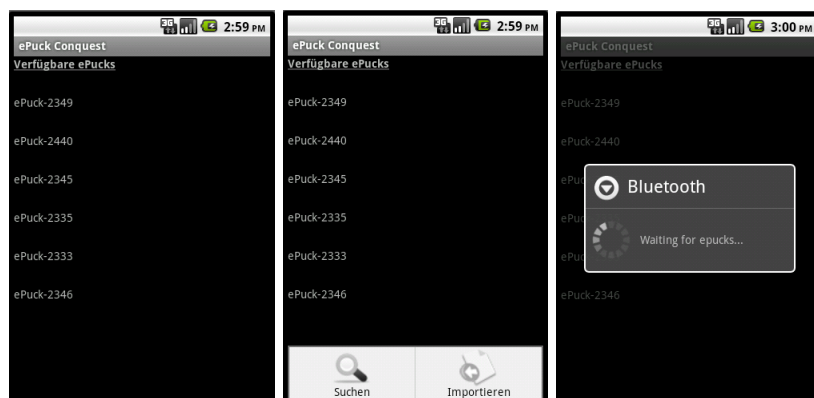


Abbildung 2: e-puck Auswahl

Beim Start der Anwendung wird dem Benutzer eine Auswahl der verbindungs-  
bereiten e-puck Roboter angezeigt.

Das Programm-Menü beinhaltet eine Funktion zum manuellen Start eines erneuten Suchlaufs, sowie eine Ladefunktion für exportierte Kartendaten.

### 7.3 Dialog ‘Karte’

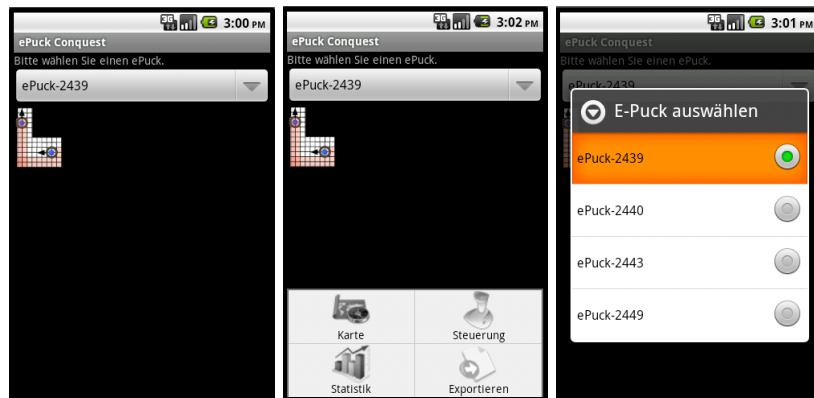


Abbildung 3: Kartendarstellung

Nachdem eine Kartensynchronisation (/F140/) stattgefunden hat bzw. wenn nur ein e-puck verfügbar ist, erfolgt die übersichtliche Darstellung des bereits erkundeten Gebiets auf einer Kartenansicht. Andernfalls wird keine Karte angezeigt. Je nach Ausdehnung der Karte wird diese optimal auf dem Display dargestellt. Außerdem werden die aktuellen Positionen der teilnehmenden e-pucks eingezeichnet.

Der Benutzer hat die Möglichkeit über Fingergesten in die Karte hinein- bzw. herauszuzoomen. Der Kartenausschnitt lässt sich hierbei beliebig verschieben. Die Häufigkeit mit der ein Feld besucht wurde, wird durch die Transparenz des jeweiligen Feldes dargestellt. Häufig besuchte Felder sind hierbei weniger transparent als viel besuchte.

Einer der e-pucks kann per Tippen auf die Kartendarstellung oder über das entsprechende Dropdown-Steuerlement ausgewählt werden. Dessen Position sowie die von ihm abgefahrenen Felder werden auf der Karte besonders hervorgehoben.

Über das Programm-Menü kann der Benutzer auf die Dialoge ‘Statistik’ und ‘Steuerung’ wechseln.

### 7.4 Dialog ‘Steuerung’

Die Ansicht ‘Steuerung’ ermöglicht die halbmanuelle Steuerung eines e-puck. Die Auswahl erfolgt über das vorhandene Dropdown-Steuerelement. Dieses ist mit dem entsprechenden Steuerelement auf der Ansicht ‘Karte’ synchronisiert. Der Benutzer kann die halbmanuelle Steuerung aus- bzw. einschalten und zwischen den beiden beschriebenen Steuerungsarten über ein Dropdown-Steuerelement wählen. Es wird unabhängig von der gewählten Steuerungsmethode die selbe Oberfläche dargestellt.

Über das Programm-Menü kann der Benutzer auf die Dialoge ‘Karte’ und ‘Statistik’ wechseln.

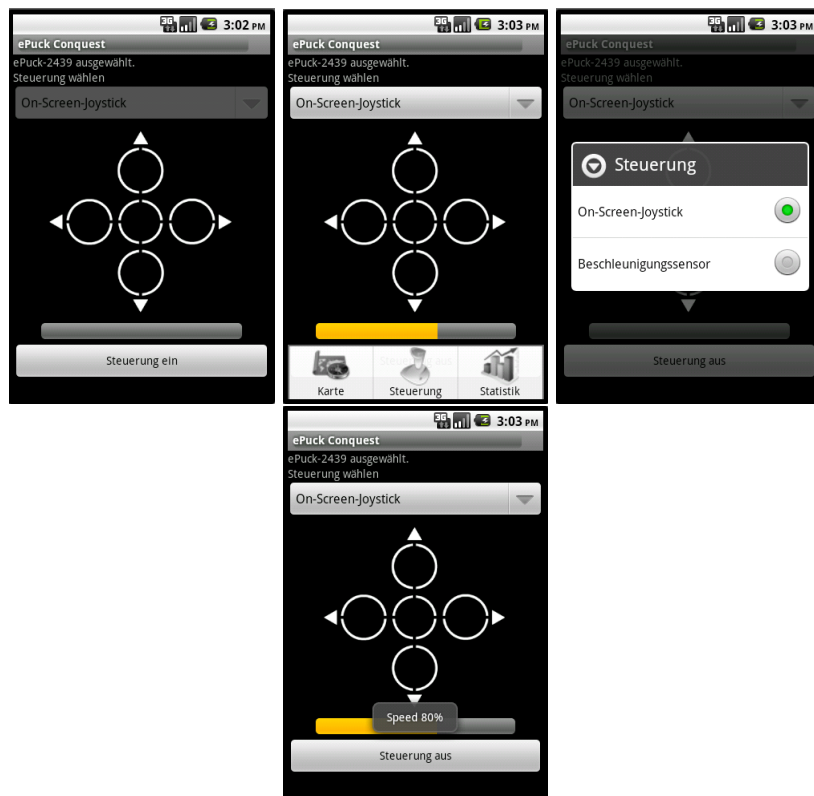


Abbildung 4: Steuerungsarten

## 7.5 Dialog ‘Statistik’

Die Ansicht ‘Statistik’ zeigt Informationen gemäß /F230/.

Über das Programm-Menü kann der Benutzer auf die Dialoge ‘Karte’ und ‘Steuerung’ wechseln.



ePuck Conquest	
Knoten	
ePuck 2439	9
ePuck 2440	7
ePuck 2443	6
ePuck 2449	6

ePuck Conquest	
Knoten	
ePuck 2439	9
ePuck 2440	7
ePuck 2443	6
ePuck 2449	6

ePuck Conquest	
Karte	
Steuerung	
Statistik	

Abbildung 5: Statistik

## 8 Qualitätsbestimmungen

### 8.1 e-puck Roboter

- **Effizienz**  
Großer Wert wird auf eine hohe Performance des Systems gelegt. Dazu gehört insbesondere die effiziente Erkundung des Spielfelds. Die Nutzung des zur Verfügung stehenden Arbeitsspeichers erfolgt möglichst platzsparend.
- **Korrektheit**  
Das unbekannte Spielfeld wird von den e-pucks vollständig und lückenlos erkundet.
- **Austausch- und Erweiterbarkeit**  
Die Software-Architektur der e-pucks wird gezielt so entworfen, dass Komponenten der Logik einfach ausgetauscht und erweitert werden können. Dazu gehören neben der Fahr- und Steuerungslogik insbesondere die Mechanismen für Erkundung und Wegfindung.
- **Robustheit**  
Das System wird so entworfen, dass die Erkundung des unbekannten Spielfeldes erfolgreich abgeschlossen wird, solange wenigstens ein e-puck nicht ausgefallen ist. Auch ein Ausfall des Smartphones führt nicht zum Abbruch des Erkundungsvorgangs.
- **Wartbarkeit**  
Korrekturen im Softwaresystem können möglichst einfach durchgeführt werden.

### 8.2 Smartphone

- **Korrektheit**  
Die Eingabedaten der e-puck Roboter werden vollständig und korrekt verarbeitet. Außerdem müssen die unterstützten Befehle in der Spezifikation

*entsprechenden Form versendet werden. Die grafische Benutzeroberfläche stellt die Daten korrekt dar.*

- Benutzerfreundlichkeit  
*Die Anwendung ist einfach zu handhaben. Die Benutzeroberfläche ist übersichtlich und selbsterklärend.*
- Austausch- und Erweiterbarkeit  
*Die Software-Architektur des Smartphones wird gezielt so entworfen, dass einzelne Komponenten, wie z.B. Grafische Benutzeroberfläche oder Steuerungsfunktionalität, einfach ausgetauscht und erweitert werden können.*
- Wartbarkeit  
*Korrekturen im Softwaresystem können möglichst einfach durchgeführt werden.*

## 9 Globale Testszenarien und Testfälle

Alle nachfolgenden Tests werden unter den genannten Betriebsbedingungen (Kapitel 2.3 Betriebsbedingungen) mit Hilfe einer Debug-Konsole durchgeführt.

### /T50/ Kalibrierung

*Nach ordnungsgemäßer Kalibrierung beginnen die Außen-LEDs nacheinander zu leuchten (/F180/).*

### /T60/ Linienerkennung

*Der e-puck wird im Betrieb entlang einer Linie aufgestellt und folgt dieser in Richtung der Liniensensoren (/F100/).*

### /T70/ Bluetooth-Scan

*Mehrere e-puck-Roboter werden auf dem Spielfeld platziert und eingeschaltet. Nach der Initialisierungsphase sollen sämtliche Teilnehmer auf dem Smartphone erkannt werden (/F200/).*

### /T80/ Broadcast-Test

*Gemäß /T70/ werden alle verbindungsreifen e-puck Roboter auf dem Suchdialog des Smartphone angezeigt. Es wird ein Roboter ausgewählt, alle im Netzwerk befindlichen Teilnehmer werden im Dropdown-Steuerelement aufgelistet (/F50/, /F60/, /F65/, /F70/, /F205/, /F210/).*

### /T90/ Knotenanalyse und manuelle Steuerung per On-Screen-Joystick

*Der Roboter wird gemäß /T60/ aufgestellt. Durch manuelle Steuerung per On-Screen-Joystick muss der Benutzer auf allen Knotentypen die möglichen Fahrtrichtungen testen. Nur gültige Richtungen dürfen vom Roboter befahren werden (/F80/, /F110/, /F220/, /F270/).*

### /T100/ Steuerung der Fahrgeschwindigkeit

*Der Roboter wird gemäß /T60/ aufgestellt. Bei der manuellen Steuerung per On-Screen-Joystick werden sämtliche Geschwindigkeitsstufen überprüft (/F85/).*

### /T110/ Steuerung per Beschleunigungssensor

*Der Test wird analog zu /T80/ durchgeführt, wobei als Steuerungsmethode der Beschleunigungssensor verwendet wird (/F280/).*

### /T120/ Erkundungstest

*Mehrere e-puck Roboter werden auf entsprechende Startpositionen innerhalb des Spielfelds gesetzt und eingeschaltet. Ziel des Testszenarios ist die vollständige Erkundung durch effiziente Zusammenarbeit der Teilnehmer. Falls die Roboter nach Abschluss auf die Startpositionen zurückkehren und die Karte auf dem Smartphone dargestellt wird, ist der Testfall erfolgreich (/F90/, /F120/, /F130/, /F135/, /F140/, /F150/, /F155/, /F160/, /F190W/, /F230/, /F320/, /F330/).*

### /T130/ Erweiterter Steuerungstest

*Der Benutzer wählt nach der Lokalisierung von mindestens zwei Roboter einen per Dropdown-Steuerelement aus. Anschließend wird die Steuerung über beide Steuerungsarten (/F270/, /F280/) durchgeführt. Im nächsten Schritt wird eine anderer Roboter gewählt und die Steuerung mit diesem geprüft (/F290/, /F300/, /F310/).*

**/T140W/** Speichern der Kartendaten

Nachdem eine Kartenansicht auf dem Smartphone verfügbar ist, speichert der Benutzer die Kartendaten ab (**/F250W/**).

**/T150W/** Laden der Kartendaten

Nachdem Kartendaten auf dem Smartphone gespeichert wurden (**/T120W/**), lädt der Benutzer diese. Daraufhin wird die entsprechende Karte angezeigt (**/F260W/**).

**/T160W/** Test von globaler Lokalisierung

Die e-puck Roboter werden im Gegensatz zu **/T110/** auf beliebigen Startpositionen gesetzt. Somit müssen sich die Teilnehmer zunächst finden und synchronisieren. Der erfolgreiche Abschluss kann durch die Anzeige aller e-pucks auf der Karte kontrolliert werden (**/F170W/**).

**/T170W/** Test der Zoom-Funktionalität

Nach dem Aufbau der Karte auf dem Smartphone werden Fingergesten zum Zoomen sowie Verschieben des Kartenausschnittes verwendet. (**/F340W/**).