

LÜDER BACH / ROLF HOBERG

Planungsmodell für regionale Systeme medizinischer Großgeräte

Kurzfassung

Unter den medizinischen Großgeräten hat die Anzahl der Computertomographie-Geräte in den letzten Jahren stark zugenommen. Dabei sind regional ungleichwertige Standortsysteme mit Versorgungslücken entstanden. Zur Bewertung zusätzlicher Standorte für CT-Geräte wird ein Planungsmodell entwickelt. In Abhängigkeit von den beiden Planungsoptionen Anzahl von Standorten und regionale Verteilung von Standorten werden Nutzungs- und Transportkosten sowie weitere Kriterien für alternative regionale Systeme von CT-Geräten ermittelt. Die Anwendung des Planungsmodells erfolgt für den Nordosten Baden-Württembergs.

1. Problemstellung

Gegenwärtig werden in der Gesundheitspolitik kontroverse Diskussionen über die Einführung und Anwendung medizinischer Großgeräte für Diagnose und Therapie geführt. Zu diesen Geräten zählen z. B. Geräte der Computertomographie für Schichtaufnahmen in der Röntgendiagnostik, weiterhin Nierenlithotripter für die unblutige Zertrümmerung von Nierensteinen durch Ultraschall, Strahlentherapie-Geräte oder Kernspintomographen als bildgebende Diagnoseverfahren ohne Röntgenstrahlen. Im Vordergrund der Diskussion um die Einführung und Anwendung derartiger Großgeräte stehen Fragen nach den Kostenwirkungen im Gesundheitswesen, nach substitutiven und kumulativen Effekten für den medizinischen Gerätepark wie für die medizinischen Anwendungsmöglichkeiten, nach der betrieblichen Rentabilität und nach flächendeckenden Versorgungsstandards. Derartige, zweifellos notwendige und berechtigte Diskussionen stehen immer in der Gefahr, von tatsächlichen Entwicklungen überrollt zu werden, indem man sich mit Situationen der Großgeräteausrüstung konfrontiert sieht, ohne daß die grundsätzlichen Fragen zwischen den verschiedenen Interessengruppen abgeklärt sind. Die Tatsache eines gespaltenen Gesundheitsmarktes, der in den primär staatlich gelenkten stationären Angebotsbereich der Krankenhäuser und den primär privatwirtschaftlichen Gesetzmäßigkeiten unterliegenden ambulanten Angebotsbereich der Praxen niedergelassener Ärzte geteilt ist, ermöglicht es den letzteren, sich frühzeitig entschließen zu können, in neue Gerätetechnologien zu investieren. Dadurch kann eine Situation geschaffen werden, in der sich der stationäre Bereich in der Position wiederfindet, als Lückenbüßer in unterversorgten Gebieten Großgeräte vorhalten zu müssen. Eine derartige Situation ist bei der regionalen Ausstattung mit Computertomographie-Geräten (CT-Geräte) gegeben. Sie kann für Nierenlithotripter oder Kernspintomographen in naher Zukunft nicht ausgeschlossen werden.

Es ist auch nicht absehbar, daß sich das Standortproblem durch zunehmende Miniaturisierung und Verbilligung der Großgeräte von allein löst. Die bisherige Entwicklung zeigt, daß es zwar zu Innovationen von Geräten mit „small scale“ Charakter kommt — z. B. Ultraschall-Geräte anstelle von Röntgengeräten —, diese aber keine volle Substitution zu bekannter und vorhandener „large scale“ Technologie ermöglichen. Soweit es aber zu Substitutionen kommt, verschärfen sie durch Reduzierung der Auslastung der Großgeräte die Zentralisierungstendenz.

Das mit diesem Bericht vorgestellte Planungsmodell ist weniger auf die gesundheitspolitischen und gesundheitsökonomischen Fragestellungen zu dem Nutzen und den Kosten einer neuen medizinischen Gerätetechnologie bezogen, als vielmehr — diese als mehr oder weniger abgeklärt voraussetzend — an den Fragen nach einer gesamtwirtschaftlichen und gesamtträumlichen Effizienz, Effektivität und Gleichwertigkeit eines regionalen Gerätesystems festgemacht. Für diese Kriterien wird am Beispiel von CT-Geräten ein Planungsmodell entwickelt.

Die im Modell berücksichtigten Ziele spiegeln die Entscheidungssituation der für die Standortwahl bei Großgeräten an Krankenhäusern nach § 10 Krankenhausfinanzierungsgesetz zuständigen und von den Absichten niedergelassener Ärzte nach § 368n (8) Reichsversicherungsordnung in Kenntnis zu setzenden Landesbehörde. Während die Landesbehörde gemäß ihrer Gesamtverantwortung die Zustimmung zur Anschaffung von medizinischen Großgeräten unter Einbeziehung aller relevanten Kosten in einer Versorgungsregion zu treffen hat, entscheiden die Krankenhausträger und niedergelassenen Ärzte aus einzelbetrieblicher Sicht. Dabei spielen dann oft nur Grenzkosten und die durch förderrechtliche und steuerrechtliche Gegebenheiten verzerrten Finanzierungsbedingungen eine Rolle. Gegenwärtig beschränkt sich die Durchsetzbarkeit einer gesamtwirtschaftlichen Rationalität auf den Krankenhausbereich. Erst wenn es zu der beabsichtigten Angleichung des ambulanten an den stationären Bereich entweder durch gesetzliche Neuordnung oder auf vertraglicher Grundlage innerhalb der Selbstverwaltung von Krankenkassen und Ärzten kommt, kann eine Harmonisierung von gesamtwirtschaftlichen und einzelwirtschaftlichen Zielen ins Auge gefaßt werden.

Die Anzahl der Computertomographie-Geräte hat sich in der Bundesrepublik in den letzten 5 Jahren besonders stark erhöht¹. Als vielfältig anwendbare Geräte in der Röntgendiagnostik² sind sie sowohl von Krankenhäusern als auch von niedergelassenen Ärzten angeschafft worden. Dabei ist eine Versorgungssituation entstanden, die zu einer regionalen Ungleichverteilung geführt hat. Ballungs- und Verdichtungsräume weisen zum heutigen Zeitpunkt in der Regel eine höhere Gerätedichte auf als ländliche

Räume, wenn die Anzahl der Einwohner als Maßstab zu Grunde gelegt wird³. Als Folge hiervon drängen Krankenhäuser der ländlichen Räume, unterstützt durch politische Mandatsträger dieser Räume, in der jüngsten Zeit vermehrt darauf, CT-Geräte mit staatlichen Investitionshilfen anschaffen zu können. Diese Forderungen werden mehr oder weniger ungeprüft mit Argumenten der vorhandenen, aber nicht abdeckbaren Nachfrage, der Benachteiligung an der Teilhabe am medizinischen Fortschritt oder der Möglichkeiten der Kosteneinsparungen begründet. Damit geraten die Krankenhäuser mit ihren Forderungen in Konkurrenz zueinander. Sie befinden sich weiterhin in Konkurrenz zu niedergelassenen Ärzten, die ihrerseits zumindest die Option für die Anschaffung von CT-Geräten gewahrt wissen wollen⁴. Diese Konkurrenz auf der Anbieterseite wird nicht notwendigerweise zu einem regional gleichmäßigen und gleichwertigen Angebot an CT-Geräten führen, das außerdem auch noch das Gebot der Wirtschaftlichkeit beachtet. In einer Situation, in der der zukünftige Bedarf nach CT-Leistungen nur vermutet werden kann, in der die hohen Investitions- und Betriebskosten für CT-Geräte zu hohen Kosten der einzelnen CT-Untersuchung führen, in der der Wunsch nach der Anschaffung eines CT-Gerätes in besonderem Maße auch eine Prestigefrage für das Krankenhaus, den Politiker und den Arzt ist, erscheint es gerechtfertigt, eine Plankonzeption zu entwickeln, die allen Akteuren Möglichkeiten und Notwendigkeiten des zukünftigen Ausbaus eines regionalen Standortsystems von CT-Geräten aufzeigt. Als Akteure sind in diesem Zusammenhang zu nennen: Krankenhausärzte, niedergelassene Ärzte, Krankenhäuser, Kassenärztliche Vereinigungen, Krankenkassen, Krankenhausgesellschaften, Ministerien und schließlich — auch — die Bevölkerung bzw. Patienten. Die Interessenlagen dieser Akteure überschneiden sich untereinander mehr oder weniger stark. Damit sind partiell unterschiedliche Zielvorstellungen für ein regionales Standortsystem von CT-Geräten gegeben. Die in den folgenden Abschnitten angestellten Überlegungen und das daraus entwickelte standortbezogene Nutzungs- und Transportkostenmodell beziehen sich auf Kriterien, die aus der Sicht eines für das Gesundheitswesen zuständigen Landesministeriums als wichtig angesehen werden. Ausgehend von der Bedingung der flächendeckenden Versorgung eines Planungsraumes sollen bei der Festlegung der Anzahl und der Standorte von CT-Geräten die folgenden Kriterien berücksichtigt werden:

- die Gesamtkosten pro Jahr eines regionalen Systems von CT-Geräten, wobei sich diese Kosten zusammensetzen aus den Nutzungs- und aus den Transportkosten,
- die Kosten pro CT-Untersuchung,
- die Indikationsrate, d. h. die Anzahl von CT-Untersuchungen pro 1.000 Einwohner, als Maßstab für das Versorgungsniveau,
- die durchschnittliche Entfernung, die von Patienten des Planungsraumes beim Aufsuchen des nächstgelegenen Standortes eines CT-Gerätes zurückzulegen ist,
- die maximale Entfernung, die von denjenigen Patienten zurückzulegen ist, die am weitesten entfernt von einem Standort eines CT-Gerätes wohnen.

Alle fünf Kriterien werden sowohl von der Anzahl wie von der standörtlichen Verteilung der CT-Geräte beeinflusst. Das Kriterium der Transportkosten wird insbesondere dann bedeutsam, wenn ein regionales System von CT-Geräten in dünn besiedelten ländlichen Räumen zu planen ist. Auf einen solchen Raum bezieht sich der im folgenden Abschnitt geschilderte Planungsfall⁵.

2. Planungsfall

Für den Nordosten des Landes Baden-Württemberg als Planungsraum sind Anzahl, Standorte und Ausbaufolge für CT-Geräte vorzuschlagen⁶. Dieser Teil des Landes, der sich in einem ca. 40 km breiten und ca. 140 km langen Streifen von Norden nach Süden entlang der östlichen Landesgrenze erstreckt (siehe Karte 1), gehört zu den dünn besiedelten Gebieten des Landes. Dicht besiedelte Gebiete befinden sich am westlichen Rand dieses Planungsraumes mit den Städten Heilbronn, Ludwigsburg, Stuttgart, Göppingen und Ulm. In diesen Städten sind heute bereits CT-Geräte vorhanden. Dagegen sind im Innern des Planungsraumes keine Standorte von CT-Geräten vorhanden mit Ausnahme des Standortes Bad Mergentheim, wo erst kürzlich ein CT-Gerät aufgestellt worden ist. In diesem Planungsraum sollen an weiteren Standorten CT-Geräte aufgestellt werden. Unter Beachtung der Grundsätze und Ziele der Landes- und Regionalplanung, der Krankenhausbedarfsplanung⁷, der Grundsätze für die Beschaf-

Tabelle 1:
CTStandorte und CTGeräte bei der Basislösung (Alternative 0) und den 7 Standortalternativen

Angebotsstandorte	Zellen-Nr.	Alternativen							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Stuttgart	9	3/2	3/2	3/2	3/2	3/2	3/2	3/2	3/2
Ludwigsburg	11	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-
Heilbronn	2	1/1	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-
Göppingen	7	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-
Ulm	8	2/-	2/-	2/-	2/-	2/-	2/-	2/-	2/-
Bad Mergentheim	1	-/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-
Aalen	5	-/-	1/-	-/-	-/-	1/-	1/-	-/-	1/-
Schwäbisch Hall	3	-/-	-/-	1/-	-/-	1/-	-/-	1/-	1/-
Heidenheim	6	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	1/-	1/-	1/-
Gerätezahl		11	12	12	12	13	13	13	14
Anzahl Standorte		5	7	7	7	8	8	8	9

Lesebeispiel: 3/2 = 3 CT-Geräte bei Krankenhäusern/2 CT-Geräte bei niedergelassenen Ärzten.

fung und den Einsatz von CT-Geräten⁸ sowie eines Entwurfes des Sozialministeriums Baden-Württemberg der Konzeption für die zukünftige Versorgung mit CT-Geräten⁹ kommen Krankenhäuser in den Städten Schwäbisch Hall, Aalen und Heidenheim als weitere Standorte in Frage. Es lassen sich insgesamt 7 Standortalternativen bilden neben einer Basislösung, die im wesentlichen die gegenwärtige Situation abbildet (siehe Tabelle 1). Die Standortalternativen sind im Hinblick auf Kriterien der Effizienz, Effektivität und räumlichen Gleichwertigkeit zu untersuchen, wie sie in Abschnitt 1 aufgeführt sind, um zu einer Empfehlung über die Reihenfolge zusätzlicher CT-Geräte an weiteren Standorten zu kommen.

3. Planungsgrundlagen

Theoretische und empirische Grundlagen für die Planung eines regionalen Systems von CT-Geräten sind derzeit nur unzureichend und bruchstückweise vorhanden. Dennoch sollen in den folgenden Abschnitten einige plausibel erscheinende Überlegungen und Annahmen entwickelt werden. Aus diesen Überlegungen und Annahmen wird ein Modell der Nutzungs- und Transportkosten entwickelt, mit dem eine Untersuchung von Standortalternativen durchgeführt werden kann.

3.1 Nutzungskosten

Entsprechend dem Stand der technischen und medizinischen Entwicklung wird heute im allgemeinen als Gerätetyp der Ganzkörper-Computertomograph eingesetzt. Die Struktur der Nutzungskosten ist bei diesem Gerät je nach Aufstellungsort im Krankenhaus oder in freier Praxis unterschiedlich. Dies liegt vor allem an Unterschieden bei den Personalkosten und den Abschreibungs- und Finanzierungsmodalitäten. Die Anschaffungskosten betragen ca. 2 Mill. DM. Zusammen mit der Installation eines Computertomographen fallen in der Regel Umbau- bzw. Baukosten in Höhe von ca. 0,2 Mill. DM an. An Kostenarten werden für CT-Geräte unterschieden:

- *Fixkosten:*
Diese Kosten entstehen durch die Abschreibungen und Betriebskosten für ein CT-Gerät, wobei diese Kosten unabhängig von der Anzahl der durchgeführten Untersuchungen anfallen. Die Fixkosten werden bezogen auf ein Jahr ermittelt.
- *Sprungfixe Kosten:*
Diese Kosten entstehen in Form von zusätzlichen Personalkosten. Sobald die Auslastungsgrenze für die erste Gruppe von Bedienungspersonal überschritten wird, entstehen weitere Kosten für zusätzliches Bedienungspersonal. Die Auslastungsgrenze wird mit 3.500 Untersuchungen pro Jahr an einem CT-Gerät angesetzt. Auch die sprungfixen Kosten werden bezogen auf ein Jahr ermittelt.
- *Variable Kosten:*
Dies Kosten entstehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Durchführung von CT-Untersuchungen. Deshalb werden die variablen Kosten bezogen auf eine CT-Untersuchung ermittelt.
An Kosten ergeben sich bei einem Krankenhaus-CT 765.700 DM bzw. 66.000 DM bzw. 42 DM, bei einem Praxis-CT 954.000 DM bzw. 46.000 DM bzw. 42 DM für Fixkosten pro Jahr, sprungfixe Kosten pro Jahr und variable Kosten pro CT-Untersuchung.

3.2 Nutzungsverhalten

Die Inanspruchnahme von CT-Geräten bestimmt in zweifacher Weise die Kostensituation. Zum einen werden über die Anzahl der Untersuchungen pro Jahr, die in einem Planungsraum durchgeführt werden, die geräteabhängigen Kosten der einzelnen Untersuchung bestimmt, da der entscheidende Kostenfaktor die Fixkosten pro CT-Gerät sind. Bei einer steigenden Anzahl von CT-Untersuchungen sinken die Kosten der einzelnen Untersuchung, sofern allein die geräteabhängigen Kosten betrachtet werden. Zum anderen entstehen bei der Inanspruchnahme von CT-Geräten Transportkosten pro Untersuchung, die von der Entfernung zwischen dem Standort des Patienten und dem Standort des CT-Gerätes sowie von der Transportart abhängig sind.

Die Inanspruchnahme von CT-Geräten hängt von dem Überweisungsverhalten der niedergelassenen Ärzte und der Krankenhausärzte ab. Dieses Überweisungsverhalten drückt sich aus in der Anzahl von Patienten, bei denen eine CT-Untersuchung durchgeführt wird. Zur Bestimmung der Anzahl der CT-Untersuchungen, die in einem Planungsraum zukünftig auftreten, wird als prognostischer Planungsrichtwert die sogenannte „Indikationsrate“ festgelegt. Die Indikationsrate gibt die Anzahl der CT-Untersuchungen je 1.000 Einwohner und Jahr an. In der Literatur und zwischen den am Gesundheitswesen Beteiligten ist die als Sollwert anzusetzende Indikationsrate strittig. In der Literatur werden Indikationsraten zwischen 8 und 25 Untersuchungen je 1.000 Einwohner als Sollgrößen genannt¹⁰. Für die vorliegende Untersuchung wird von einer durchschnittlichen Indikationsrate von 15 Untersuchungen je 1.000 Einwohner pro Jahr ausgegangen¹¹. Diese Indikationsrate bedarf jedoch einer Differenzierung im Hinblick auf unterschiedliche Patientengruppen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2:
Indikationsraten (Anzahl der CT-Untersuchungen je Bezugsgruppe pro Jahr) für verschiedene Patientengruppen in Abhängigkeit von Entfernungen (in km) zum nächstgelegenen Standort eines CT-Gerätes

Patienten- gruppe	Bezugs- gruppe	Indikationsrate bei Entfernungen in km		
		0 – ≤ 10	> 10 – ≤ 20	> 20
Ambulante Patienten	1000 Ein- wohner	7,2	6,0	4,2
Stationäre Patienten	1000 Ein- wohner	6,0	6,0	6,0
Lokale Patienten	1000 Patien- ten der Krankenhäu- ser mit CT-Gerät	45,0	entfällt	entfällt

Quelle: Schätzungen des Sozialministeriums Baden-Württemberg (SM).

Die Inanspruchnahme der CT-Geräte erfolgt durch drei voneinander abgrenzbare Gruppen von Patienten, für die jeweils eigene Indikationsraten gegeben sind:

- *Ambulante Patienten:*
Bei dieser Gruppe handelt es sich um Patienten aus dem Bereich der ambulanten ärztlichen Versorgung. Diese Patien-

ten werden von niedergelassenen Ärzten für CT-Untersuchungen an ein Krankenhaus oder zu einem entsprechenden Facharzt überwiesen.

– Stationäre Patienten:

Unter dieser Bezeichnung werden die Patienten zu einer Gruppe zusammengefaßt, die aus dem Bereich der stationären ärztlichen Versorgung aller Krankenhäuser des Planungsraumes kommen.

– Lokale Patienten:

Mit diesem Begriff wird eine besonders abgrenzbare Teilgruppe von Patienten bezeichnet, die der gesamten Gruppe der stationären Patienten zugerechnet werden könnte: Es sind solche Patienten der stationären ärztlichen Versorgung, die aus denjenigen Krankenhäusern kommen, an denen sich ein CT-Gerät befindet.

Für das Nutzungsverhalten werden im Hinblick auf die drei Patientengruppen die folgenden Annahmen getroffen: Für die Gruppe der ambulanten Patienten, die von einem niedergelassenen Arzt zu einer CT-Untersuchung überwiesen werden, wird angenommen, daß eine Entfernungsabhängigkeit des Nutzungsverhaltens gegeben ist. Dies wird damit begründet, daß bei geringerer Entfernung zu dem Standort eines CT-Gerätes im Vergleich zu einer weiteren Entfernung sowohl die Kenntnis über dieses Angebot als auch deren Nutzungsmöglichkeit größer ist. Als Folge hiervon wird eine größere Überweisungshäufigkeit der niedergelassenen Ärzte angenommen. Die entfernungsabhängigen unterschiedlichen Überweisungshäufigkeiten werden durch nach Entfernungen differenzierte Indikationsraten ausgedrückt.

Für die Gruppe der stationären Patienten, die von einem Krankenhaus aus zu einer CT-Untersuchung gebracht werden, wird eine Entfernungsabhängigkeit des Nutzungsverhaltens nicht angenommen. Damit ist in dieser Annahme die Vorstellung eingeschlossen, daß der behandelnde Krankenhausarzt unabhängig davon, wie weit das nächstgelegene CT-Gerät entfernt ist, CT-Untersuchungen verordnet und die Überweisung veranlaßt.

Für die Gruppe der lokalen Patienten wird die folgende Annahme getroffen: In einem Krankenhaus, in dem ein CT-Gerät vorhanden ist, werden von den dortigen Ärzten mehr CT-Untersuchungen verordnet als von Ärzten an Krankenhäusern ohne CT-Geräte. Es wird angenommen, daß die Anzahl dieser zusätzlichen Verordnungen von der Anzahl der stationär behandelten Patienten des Krankenhauses abhängig ist. Die Patientenzahl wird aus Bettenzahl, durchschnittlicher Verweildauer und durchschnittlicher Bettennutzung errechnet.

3.3 Beanspruchung von CT-Geräten

Solange an ein und demselben CT-Standort nicht mehr als ein CT-Gerät vorhanden ist, werden alle CT-Untersuchungen, die diesem Standort zugeordnet werden, an diesem CT-Gerät durchgeführt. Befinden sich jedoch zwei oder mehr CT-Geräte an einem CT-Standort, werden die zugeordneten CT-Untersuchungen nicht notwendigerweise zu gleichen Teilen auf die Geräte verteilt. Es wird für diesen Fall die Annahme getroffen, daß in Abhängigkeit von örtlichen Bedingungen eine ungleiche Verteilung erfolgen kann. So wird es möglich, für jedes CT-Gerät an solchen CT-Geräte-Standorten, an denen sich mehr als ein Gerät befindet, einen gerätespezifischen Gewichtungsfaktor zu bestimmen.

3.4 Transportarten und -kosten

Bei der Berechnung der Transportkosten wird angenommen, daß alle Patienten – sofern sie nicht zur Gruppe der lokalen Patienten gehören – durch eines der nachfolgend aufgeführten Transportmittel zu den CT-Untersuchungen gebracht werden: Personenkraftwagen (PKW), Krankentransportwagen (KTW), Rettungswagen (RW). Bei allen drei Transportarten fällt eine Grundpauschale pro Transport und ein Streckentarif pro Kilometer an (siehe Tabelle 3). Dabei wird der Transport zu einer CT-Untersuchung wie auch der Transport zurück von einer CT-Untersuchung jeweils als ein eigener Transportfall abgerechnet. Für die Gruppen der ambulanten Patienten und stationären Patienten werden Unterschiede in der Beanspruchung der drei Transportmittel für die Transporte zu und von den CT-Untersuchungen angenommen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 3:
Durchschnittliche Transportkosten in DM
für verschiedene Transportarten

Transportkosten	Transportart		
	Personenkraftwagen	Krankentransportwagen	Rettungswagen
Grundpauschale pro Transport	5,00	170,00	340,00
Streckentarif pro Kilometer	1,10	3,20	6,50

Quelle: Schätzungen des SM.

Tabelle 4:
Prozentuale Aufteilung einer Patientengruppe
auf verschiedene Transportarten

Patientengruppe	%Anteile der Transportarten		
	Personenkraftwagen	Krankentransportwagen	Rettungswagen
Ambulante Patienten	80	20	0
Stationäre Patienten	50	45	5
Lokale Patienten	—	—	—

Quelle: Schätzungen des SM auf der Grundlage eigener Erhebungen.

4. Modell der Nutzungs- und Transportkosten

Die bisher angestellten Überlegungen ermöglichen es, die Nutzungs- und Transportkosten in ihrer Abhängigkeit von den aufgezeigten Faktoren durch ein System von mathematischen Gleichungen in einem Modell abzubilden.

4.1 Strukturierung der Problemstellung

Die Problemstellung kann zusammenfassend folgendermaßen formuliert werden: Es sind die Gesamtkosten, die sich aus

Nutzungs- und Transportkosten zusammensetzen, eines regionalen Systems von CT-Geräten in einem Planungsraum unter den folgenden Annahmen und Bedingungen zu ermitteln:

- Ein in Zukunft mögliches System von Standorten von CT-Geräten ist vorgegeben, wobei dieses Standortsystem sich nach Anzahl und Standorten der CT-Geräte von alternativen Standortsystemen unterscheidet.
- Es ist die räumliche Verteilung einer latenten Nachfrage von Patienten nach CT-Untersuchungen vorgegeben.
- Auf Grund eines sowohl entfernungsabhängigen als auch entfernungsunabhängigen Nutzungsverhaltens der Patienten wird die latente Nachfrage in eine tatsächliche Nachfrage überführt. Hierbei spielt es eine Rolle, ob die Patienten aus der ambulanten oder stationären ärztlichen Behandlung für CT-Untersuchungen überwiesen werden.
- Die Überweisung der Patienten erfolgt grundsätzlich zu dem nächstgelegenen Standort eines CT-Gerätes.
- Die Entfernungen zwischen den Standorten der nachfragenden Patienten und den Standorten, an denen sich CT-Geräte befinden, sind in einer Entfernungsmatrix vorgegeben.
- Die Kostenfaktoren und Kosteneinheiten, die die Nutzungs- und Transportkosten bestimmen, sind bekannt und vorgegeben.

4.2 Modellvoraussetzungen

Für die Entwicklung wie Anwendung eines Modells sind Festlegungen zu treffen zur formalen Abbildung des Raumes, der Nachfragestandorte, der Angebotsstandorte, der Entfernungen zwischen Nachfrage- und Angebotsstandorten sowie der Zuordnung der Nachfrage auf das Angebot.

4.2.1 Raumabbildung

Der Planungsraum „Nordost Baden-Württemberg“ wird über 72 Zellenmittelpunkte als sog. „diskretisierter Planungsraum“¹² abgebildet. Diese Punkte entsprechen den Mittelpunkten aller 72 Verwaltungsräume des Planungsraumes. Verwaltungsräume sind sowohl Einheitsgemeinden als auch die Verwaltungsgemeinschaften. Mit den 72 Punkten werden zum einen die Nachfragestandorte abgebildet, d. h. die Standorte, an denen sich Patienten für CT-Untersuchungen befinden, zum anderen die Angebotsstandorte, d. h. die Standorte, an denen sich CT-Geräte befinden bzw. befinden können.

4.2.2 Nachfragestandorte und Nachfrage

Über die 72 Nachfragestandorte wird die tatsächliche Nachfrage nach CT-Untersuchungen abgebildet. An jedem Nachfragestandort können drei voneinander zu unterscheidende Arten der Nachfrage gegeben sein: Nachfrage, die der Gruppe der ambulanten Patienten, die der stationären Patienten und die der lokalen Patienten zuzurechnen ist. Die Größe der tatsächlichen Nachfrage hängt von der Anzahl der CT-Geräte und deren Standort im Planungsraum ab. Für die drei Gruppen der Nachfrage gilt:

Eine Ambulante-Patienten-Nachfrage ist an jedem der 72 Nachfragestandorte gegeben. Der tatsächliche Umfang dieser Nachfrage hängt ab von der Anzahl und räumlichen Verteilung der CT-

Geräte. Er kann deshalb nur für jede Standortalternative einzeln ermittelt werden.

Die Stationäre-Patienten-Nachfrage ist nur für die Nachfragestandorte gegeben, an denen sich Krankenhausbetten befinden. Sie ist unabhängig von der Anzahl und räumlichen Verteilung der CT-Geräte bei allen Standortalternativen gleich groß. Die Berechnung dieser Nachfrage erfolgt folgendermaßen: Aus der Gesamt-einwohnerzahl des Planungsraumes wird unter Anwendung der für stationäre Patienten gegebenen Indikationsrate die Gesamtzahl der stationären Patienten berechnet. Diese Gesamtzahl wird anschließend proportional zur Bettenzahl der Nachfragestandorte auf diese Standorte verteilt.

Die Lokale-Patienten-Nachfrage ist nur an den — wenigen — Nachfragestandorten gegeben, an denen sich ein Krankenhaus mit einem CT-Gerät befindet. Somit variiert diese Nachfragegruppe zwischen den Standortalternativen. Die tatsächliche Höhe dieser Nachfrage ergibt sich aus der auf Grund der Bettenzahl des Krankenhauses zu erwartenden Patientenzahl und der Indikationsrate von 45 CT-Untersuchungen pro 1.000 Patienten und Jahr.

4.2.3 Angebotsstandorte und Angebot

Angebotsstandorte sind identisch mit einem Teil der Nachfragestandorte. Die Zahl möglicher Angebotsstandorte für CT-Geräte im Planungsraum ist begrenzt. Zum einen sind Standorte von CT-Geräten bereits vorgegeben durch in Betrieb befindliche Geräte bei Krankenhäusern und niedergelassenen Ärzten. Aus dieser Gruppe von Geräten und deren Standorte wird die sog. Basislösung (Alternative 0) abgeleitet. Standorte für neue CT-Geräte im Nordosten Baden-Württembergs sind Krankenhäuser in Bad Mergentheim, Schwäbisch Hall, Aalen und Heidenheim. Aus der Basislösung und den Standorten für neue CT-Geräte werden 7 Standortalternativen gebildet (siehe Tabelle 1).

4.2.4 Entfernungsmatrix

Für die Berechnungen der Transportkosten wie auch der Ambulante-Patienten-Nachfrage ist es erforderlich, daß die Entfernungen zwischen den Nachfragestandorten und den Angebotsstandorten bei allen Standortalternativen bekannt sind. Diese Entfernungen sind als Straßenkilometer in einer Entfernungsmatrix zusammengestellt, die somit die Entfernungen enthält von jedem der 72 Nachfragestandorte zu jedem der vorhandenen wie zukünftig möglichen Angebotsstandorte. Als durchschnittliche Entfernung für Transporte innerhalb einer Zelle, die ein Angebotsstandort ist, werden 5 km angenommen.

4.3 Modell

Die bisherigen Überlegungen und Annahmen über die Größe und Zusammenhänge der einzelnen Faktoren werden mit dem Modell der Nutzungs- und Transportkosten in einem System von Gleichungen abgebildet¹³. Mit der Anwendung dieses Modells können für die in Abschnitt 1 aufgeführten Entscheidungskriterien zur Effektivität, Effizienz und räumlichen Gleichwertigkeit eines regionalen Systems von CT-Geräten quantifizierte Werte ermittelt werden. Auf die mathematische Darstellung des Modells wird an dieser Stelle verzichtet¹⁴, die Struktur des Modells ist aus den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich.

Abbildung 1:
 Flußdiagramm zur Berechnung der Nutzungs- und Transportkosten eines regionalen CTSystems — Teil I.

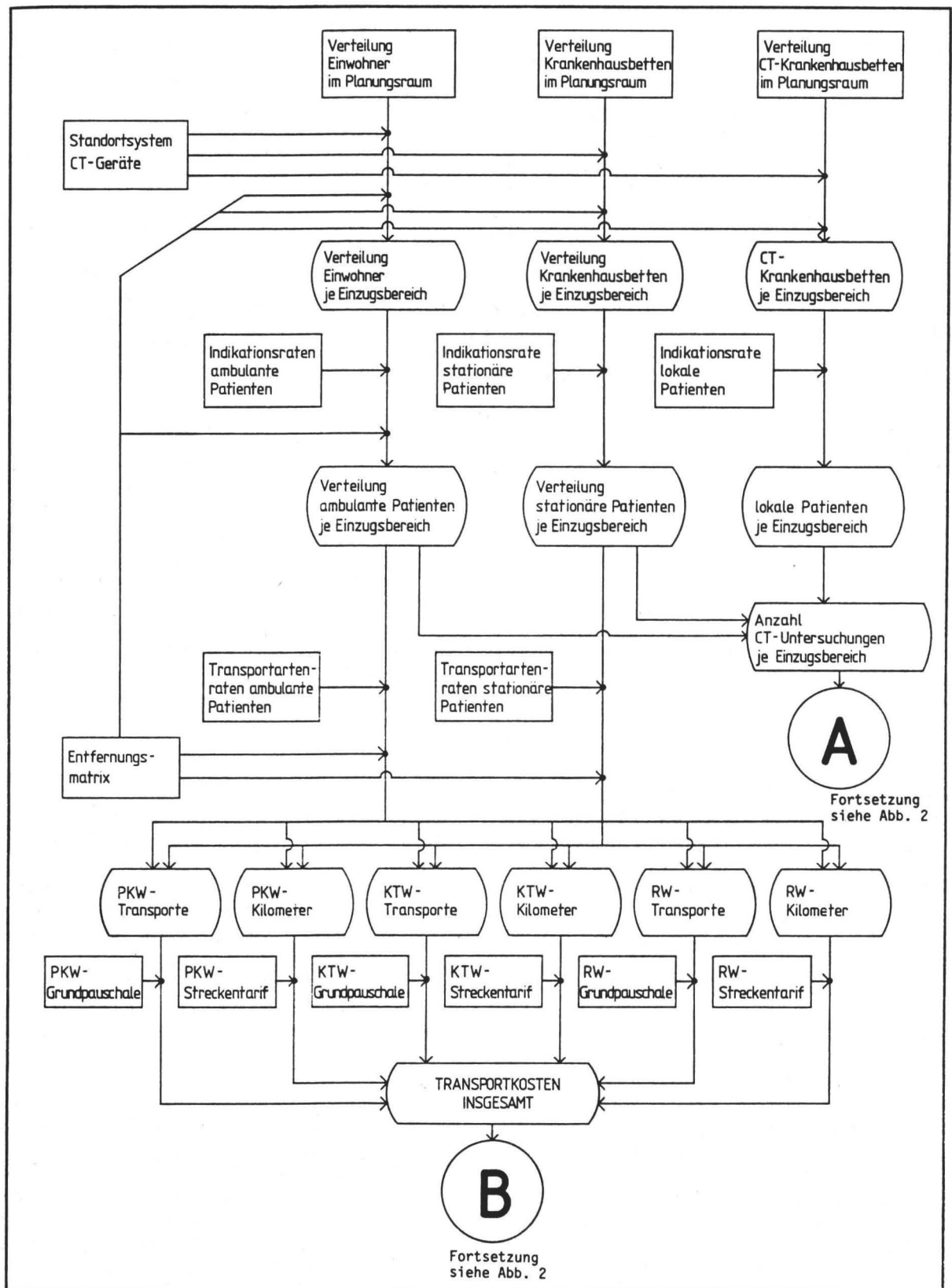
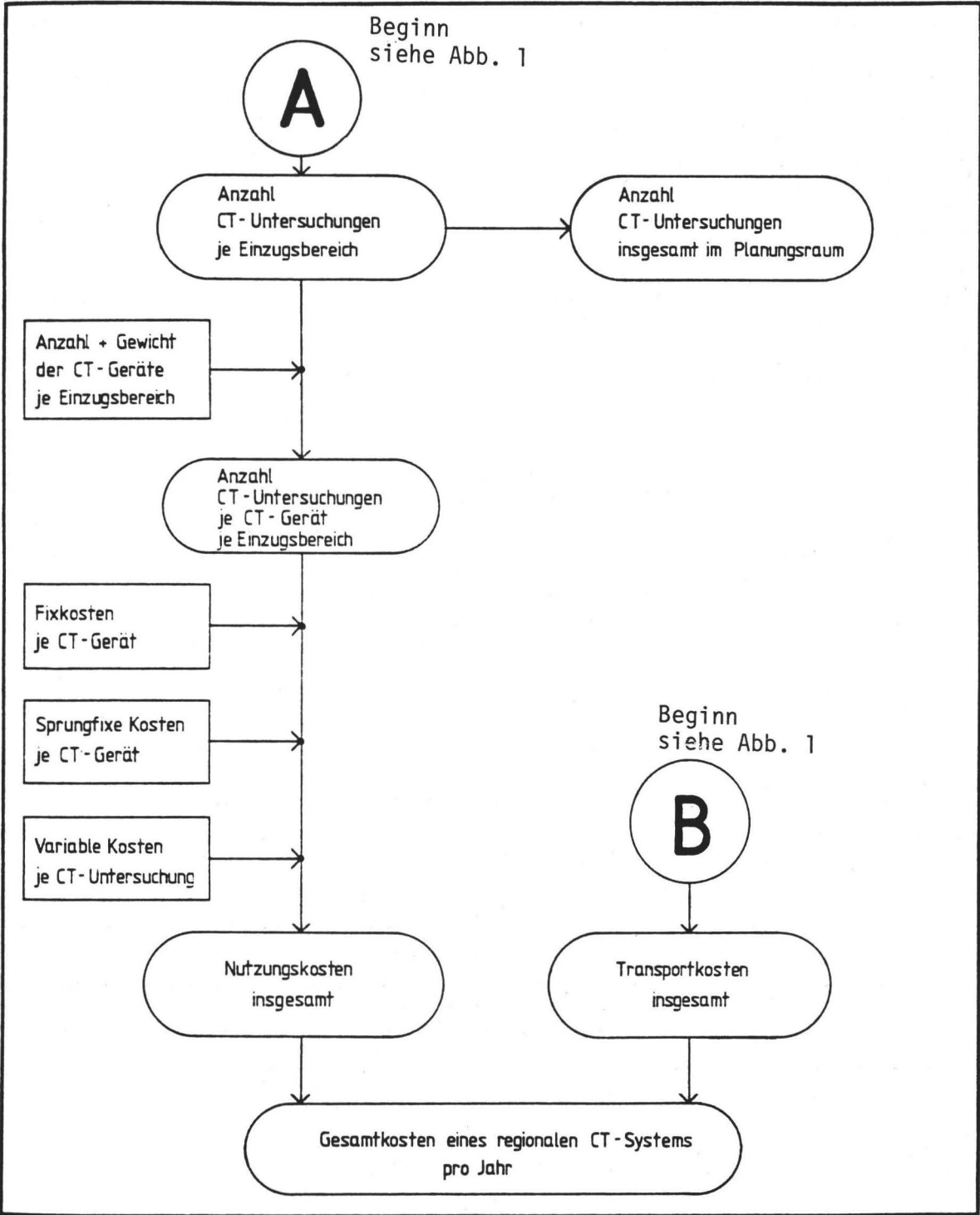


Abbildung 2:
Flußdiagramm zur Berechnung der Nutzungs- und Transportkosten eines regionalen CT-Systems — Teil II.



5. Modellanwendung: Ergebnisse und Interpretation

Die Ergebnisse der Berechnungen sind für die verschiedenen Entscheidungskriterien in der Tabelle 5 nach absoluten Werten und in der Tabelle 6 nach indizierten Werten zusammengestellt. Aus einem Gesamtüberblick über die Ergebnisse lassen sich folgende Feststellungen treffen, wenn die Alternativen 1 bis 7 in Vergleich gesetzt werden zu der Basislösung (Alternative 0):

- Die Erhöhung der Anzahl der CT-Geräte muß nicht notwendigerweise zu einer Erhöhung der Gesamtkosten des regionalen CT-Systems führen: Die Alternativen 1 und 3 ergeben geringere Gesamtkosten, obwohl sie über ein CT-Gerät mehr verfügen als die Basislösung.
- Bei 5 der 7 Alternativen bedingt die Erhöhung der Anzahl der CT-Geräte eine Erhöhung der Gesamtkosten des regionalen CT-Systems. Die Gesamtkosten steigen um mindestens 189.000 DM bei 12 CT-Geräten für Alternative 2 und höchstens 1.125.000 DM bei 13 CT-Geräten für Alternative 7.

— Für alle weiteren Entscheidungskriterien kann festgestellt werden, daß die Alternativen 1 bis 7 im Vergleich zu der Basislösung günstigere Werte ergeben. Dies gilt insbesondere für die Indikationsrate, die Kosten für die einzelne CT-Untersuchung und die durchschnittliche Entfernung, die für Transporte zu den CT-Geräten besteht.

Die Alternativen 1 bis 7 lassen sich in drei Gruppen unterteilen, die sich jeweils durch die Anzahl der CT-Geräte sowie deren Standorte unterscheiden (siehe Tabelle 1):

- Bei Gruppe 1 mit den Alternativen 1 bis 3 beträgt die gesamte Anzahl der CT-Geräte 12.
- Bei Gruppe 2 mit den Alternativen 4 bis 6 sind insgesamt 13 CT-Geräte gegeben.
- Bei der Gruppe 3 mit der Alternative 7 sind 14 CT-Geräte vorhanden.

Diese drei Gruppen werden mit der Basislösung wie auch miteinander verglichen. Aus diesen Vergleichen wird anschließend eine Empfehlung für den stufenweisen Ausbau des regionalen CT-Systems für den Nordosten Baden-Württembergs abgeleitet.

Tabelle 5:
Ergebnisse für Entscheidungskriterien aus den Berechnungen für 7 Standort-Alternativen und die Basislösung (Alternative 0)

Kriterien	Alternativen							
	0	1	2	3	4	5	6	7
CT-Geräte	11	12	12	12	13	13	13	14
CT-Untersuchungen	37467	39230	39049	39228	40101	40253	40099	41124
Indikationsrate	14,62	15,31	15,24	15,31	15,65	15,71	15,65	16,05
Gesamtkosten in Mio. DM	17,288	17,091	17,477	17,153	17,652	17,848	17,792	18,413
Davon sind in %:								
— Transportkosten	37,9	32,4	34,8	32,7	30,4	30,8	30,6	28,9
— Nutzungskosten	62,1	67,6	65,2	67,3	69,6	69,2	69,4	71,1
Kosten in DM je CT-Untersuchung	461,42	435,67	447,57	437,27	440,19	443,40	443,70	447,74
Durchschnittliche km-Entfernung zu CT-Gerät	22,6	12,8	14,7	13,6	11,2	12,0	11,6	10,4
Maximale km-Entfernung zu CT-Gerät	128,0	66,0	74,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0

Tabelle 6:
Indizierte Werte für die Entscheidungskriterien aus den Berechnungen für 7 Standortalternativen, wobei die Werte für die Basislösung (Alternative 0) auf den Indexwert 100 gesetzt sind

Kriterien	Alternativen							
	0	1	2	3	4	5	6	7
CT-Geräte	100,0	109,1	109,1	109,1	118,2	118,2	118,2	127,3
CT-Untersuchungen	100,0	104,7	104,2	104,7	107,0	107,4	107,0	109,8
Indikationsrate	100,0	104,7	104,2	104,7	107,1	107,5	107,1	109,8
Gesamtkosten	100,0	98,9	101,1	99,2	102,1	103,2	102,9	106,5
— Transportkosten	100,0	84,7	92,8	85,7	82,1	83,9	83,2	81,3
— Nutzungskosten	100,0	107,5	106,2	107,5	114,3	115,0	115,0	121,9
Kosten in DM je CT-Untersuchung	100,0	94,4	97,0	94,8	95,4	96,1	96,2	97,0
Durchschnittliche km-Entfernung zu CT-Gerät	100,0	56,6	65,0	60,2	49,6	53,1	51,3	46,0
Maximale km-Entfernung zu CT-Gerät	100,0	51,6	57,8	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6

5.1 Vergleich Gruppe 1 mit Basislösung

Mit den Alternativen 1 und 3 sind regionale Standortsysteme für CT-Geräte gegeben, bei denen die Gesamtkosten um 1,1 % bzw. 0,8 % unter denen der Basislösung liegen. Die Alternative 2 ergibt eine Erhöhung der Gesamtkosten von 1,1 %. Für alle weiteren Kriterien gilt bei Betrachtung aller drei Alternativen dieser Gruppe:

- die Anzahl der CT-Untersuchungen steigt zwischen 4,2 % und 4,7 %.
- die Kosten je CT-Untersuchung fallen um 3,0 % bis 5,6 %;
- die durchschnittliche Entfernung fällt um 35,0 % bis 43,4 %;
- die maximale Entfernung fällt um 42,4 % bis 48,4 %.

Als ein wesentliches Ergebnis bei dieser Gruppe kann festgestellt werden, daß durch die Erhöhung der Anzahl der CT-Geräte von 11 auf 12 bei den Alternativen 1 und 3 für sämtliche Entscheidungskriterien eine Verbesserung erzielt werden kann, d. h. einschließlich des Kriteriums der Gesamtkosten.

5.2 Vergleich Gruppe 2 mit Basislösung

Bei den Alternativen dieser Gruppe wird zwar eine Erhöhung der Gesamtkosten des regionalen CT-Systems im Vergleich zur Basislösung bewirkt. Diese Erhöhungen betragen zwischen 2,1 % und 3,2 % bzw. – in absoluten Werten ausgedrückt – zwischen 364.000 DM und 560.000 DM. Ihnen stehen jedoch Verbesserungen im Vergleich zur Basislösung entgegen, die im einzelnen betragen:

- die Anzahl der CT-Untersuchungen erhöht sich um 7,0 % bis 7,4 %;
- die Kosten je CT-Untersuchung sind um 3,9 % bis 4,6 % niedriger;

- die durchschnittliche Entfernung liegt um 46,9 % bis 50,4 % niedriger;
- die maximale Entfernung ist um 48,4 % niedriger.

In Anbetracht dieser Verbesserungen müssen die erhöhten Gesamtkosten als unwesentlich angesehen werden.

5.3 Vergleich Gruppe 3 mit Basislösung

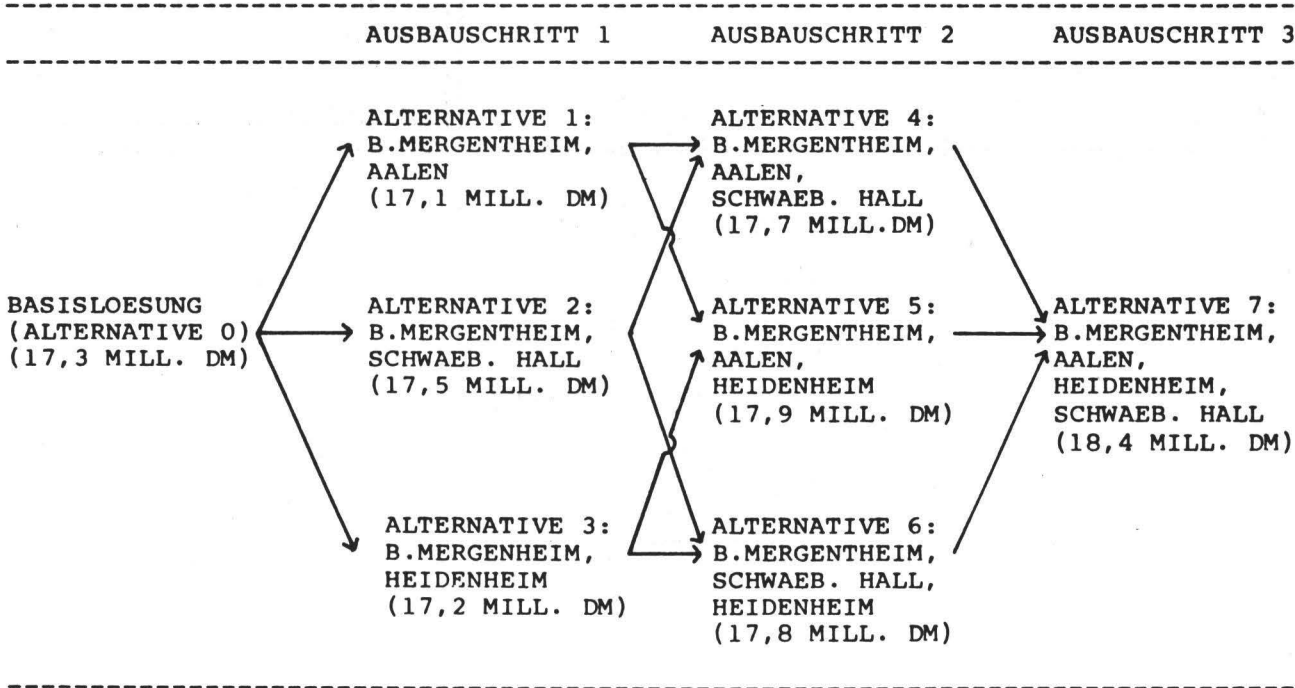
Auch für die Alternative 7, die die Gruppe 3 ausmacht, kann im Vergleich zur Basislösung festgestellt werden: Der Steigerung der Gesamtkosten um 6,5 %, das sind 1,13 Mill. DM, stehen beachtliche Verbesserungen aller sonstigen Entscheidungskriterien gegenüber:

- die Anzahl der CT-Untersuchungen steigt um 9,8 %.
- die Kosten je CT-Untersuchung sind um 3 % niedriger,
- die durchschnittliche Entfernung ist um 54 % niedriger,
- die maximale Entfernung ist um 48,4 % niedriger.

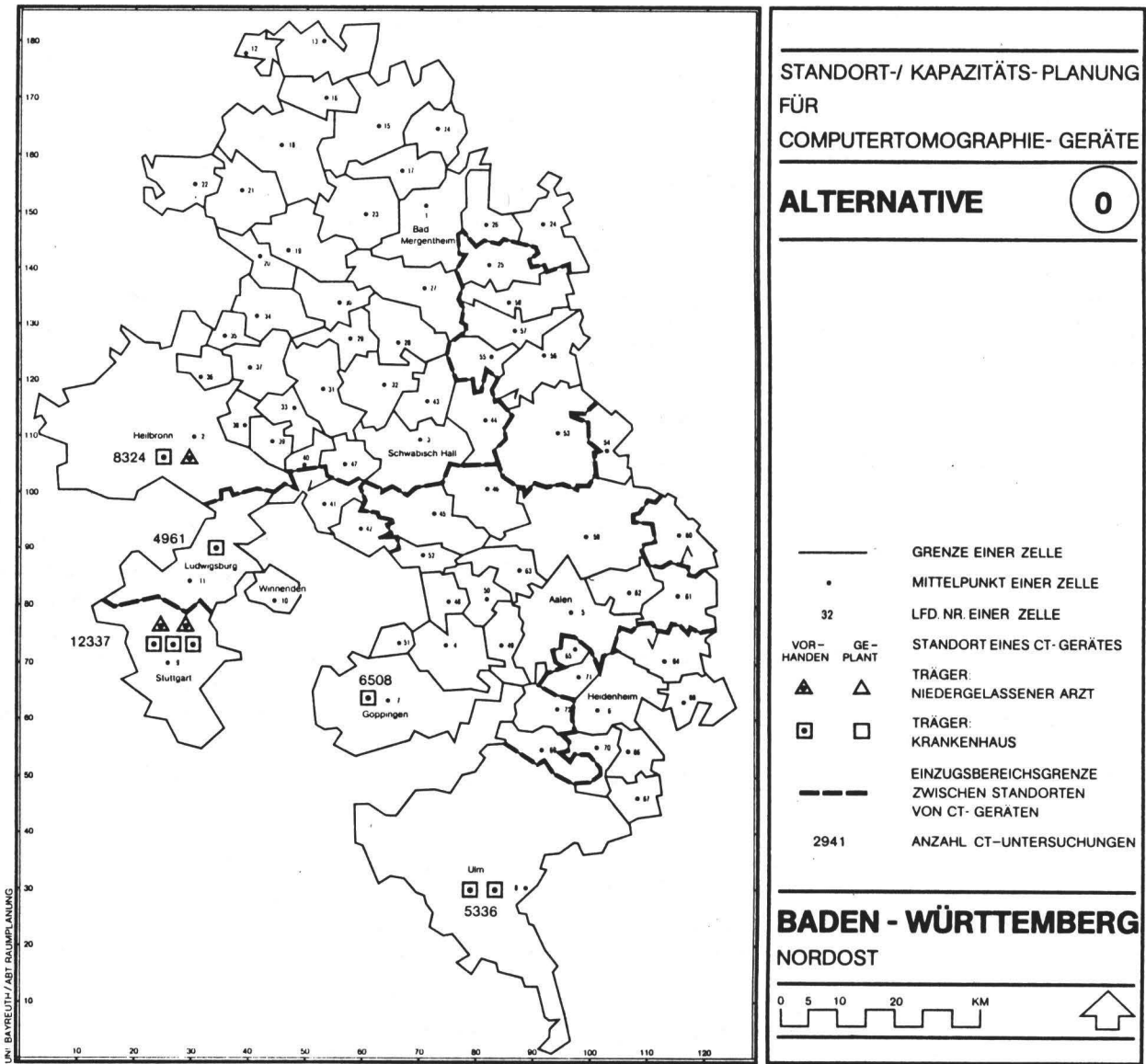
5.4 Vergleich Gruppe 1 mit Gruppe 2

Bei einem Vergleich der Gruppe 2 mit 13 CT-Geräten mit der Gruppe 1 mit 12 CT-Geräten ergibt sich eine Erhöhung der absoluten Kosten um mindestens 175.000 DM und höchstens 757.000 DM, das entspricht einer Steigerung von 1,0 % bzw. 4,4 %. Bei den Kosten je CT-Untersuchung sind im günstigsten Fall Kostenverringerungen um 7,38 DM gegeben, das sind 1,7 %, im ungünstigsten Fall Kostensteigerungen um 8,03 DM bzw. 1,8 %. Für die Anzahl der CT-Untersuchungen wie die durchschnittliche Entfernung werden mit allen Alternativen der Gruppe 2 Verbesserungen erreicht.

Abbildung 3:
Darstellung der möglichen Verknüpfungen der Basislösung (Alternative 0)
und der Alternativen 1 bis 7 zu Ausbaufolgen

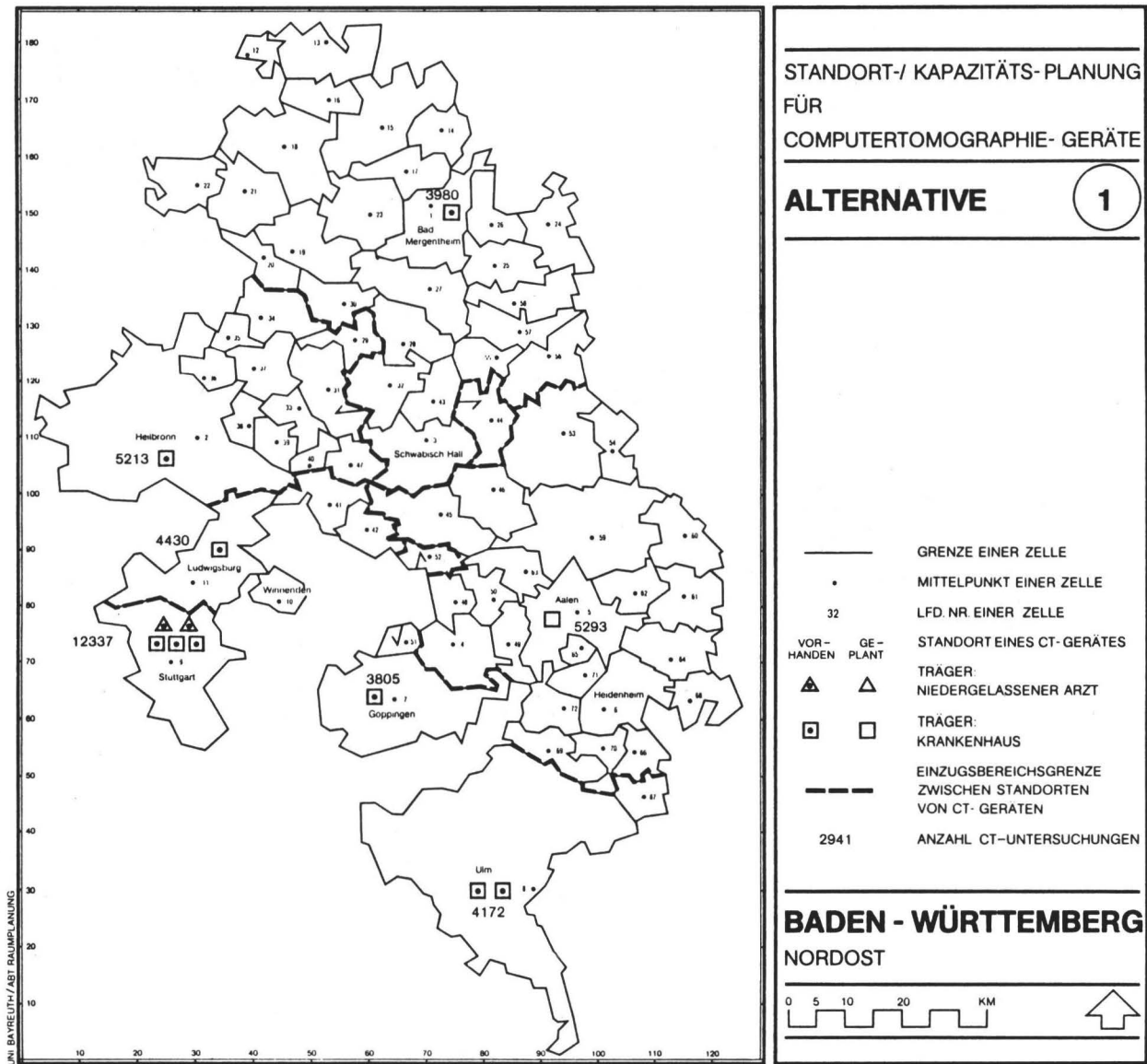


Karte 1



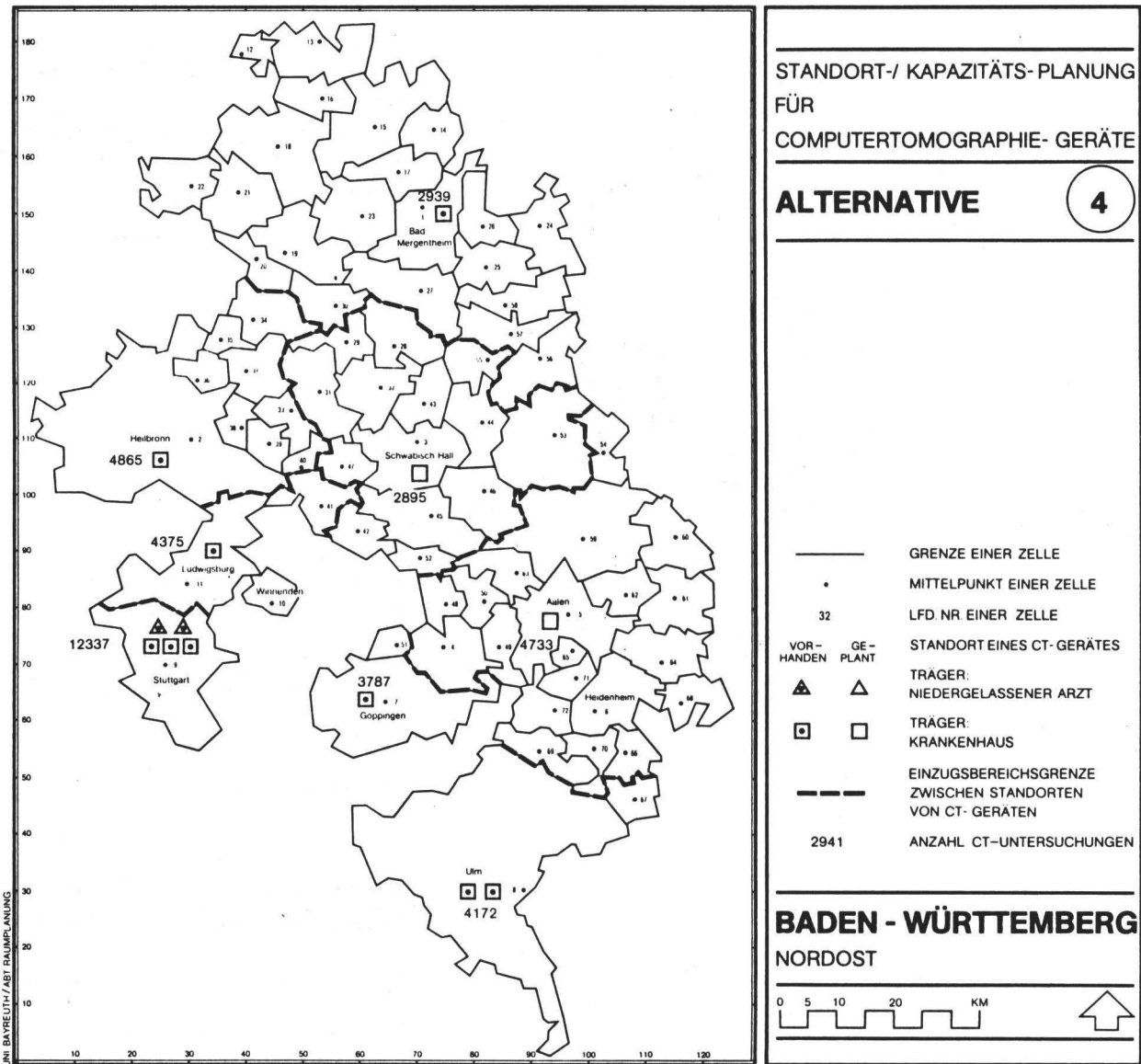
ALTERNATIVE 0	
ZAHL DER CT-GERÄTE...	11
ZAHL DER CT-UNTERSUCHUNGEN.....	37467
INDIKATIONSRATE.....	14,62
GESAMTKOSTEN.....	17,288 MIO. DM
DAVON TRANSPORTKOSTEN.....	6,549 MIO. DM
KOSTEN JE CT-UNTERSUCHUNG.....	461,42 DM
DURCHSCHNITTLICHE ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....	22,6 KM
MAXIMALE ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....	128,0 KM

Karte 2



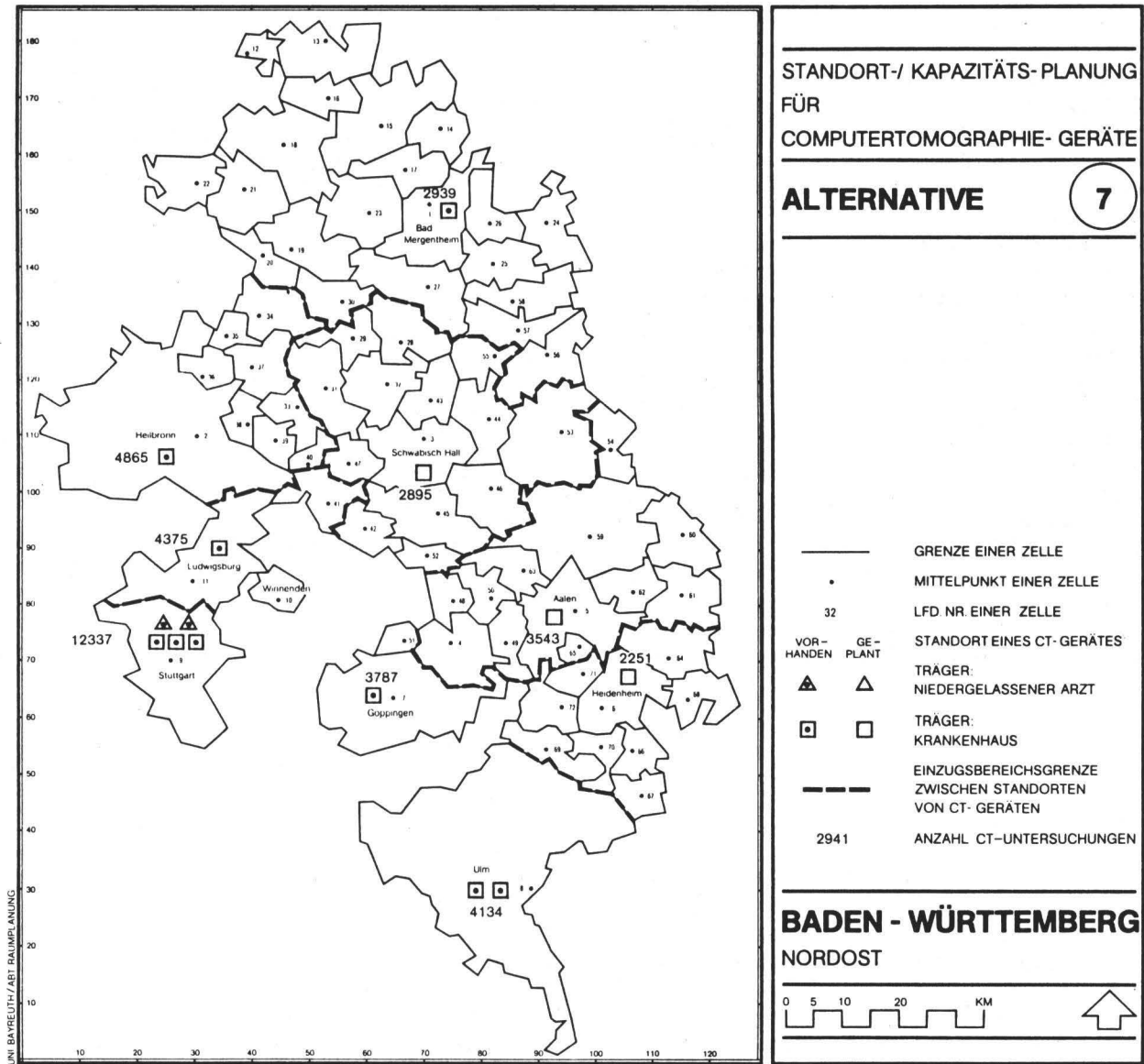
ALTERNATIVE 1	
ZAHL DER CT-GERÄTE....:	12
ZAHL DER CT-UNTERSUCHUNGEN.....:	39230
INDIKATIONSRATE.....:	15,31
GESAMTKOSTEN.....:	17,091 MIO. DM
DAVON TRANSPORTKOSTEN.....:	5,545 MIO. DM
KOSTEN JE CT-UNTERSUCHUNG.....:	435,67 DM
DURCHSCHNITTliche ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....:	12,8 KM
MAXIMALE ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....:	66,0 KM

Karte 3



ALTERNATIVE 4	
ZAHL DER CT-GERÄTE....:	13
ZAHL DER CT-UNTERSUCHUNGEN.....:	40101
INDIKATIONSRATE.....:	15,65
GESAMTKOSTEN.....:	17,652 MIO. DM
DAVON TRANSPORTKOSTEN.....:	5,373 MIO. DM
KOSTEN JE CT-UNTERSUCHUNG.....:	440,19 DM
DURCHSCHNITTliche ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....:	11,2 KM
MAXIMALE ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....:	66,0 KM

Karte 4



ALTERNATIVE 7	
ZAHL DER CT-GERÄTE....:	14
ZAHL DER CT-UNTERSUCHUNGEN.....:	41124
INDIKATIONSRATE.....:	16.05
GESAMTKOSTEN.....:	18,413 MIO. DM
DAVON TRANSPORTKOSTEN.....:	5,325 MIO. DM
KOSTEN JE CT-UNTERSUCHUNG.....:	447,74 DM
DURCHSCHNITTLICHE ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....:	10,4 KM
MAXIMALE ENTFERNUNG ZU CT-GERÄT.....:	66,0 KM

5.5 Empfehlungen zum stufenweisen Ausbau

Für den stufenweisen Ausbau des regionalen CT-Systems sind die denkbaren Ausbaukombinationen zu bilden und miteinander zu Ausbauabfolgen zu verknüpfen. Ausgehend von der Basislösung, ergänzt um den CT-Standort Bad Mergentheim, ergeben sich drei Ausbauschnitte: im ersten Schritt kommt ein CT-Gerät hinzu, im zweiten ein zweites und im dritten Schritt ein drittes Gerät. Diese Geräte können an den Standorten Aalen, Schwäbisch Hall und Heidenheim lokalisiert werden. Die möglichen Standortkombinationen entsprechen den Alternativen 1 bis 7. Deren mögliche Verknüpfung zu Ausbauabfolgen ist in Abbildung 3 dargestellt.

Aus den möglichen Ausbauabfolgen ist diejenige herauszufinden, die für ein Kriterium oder auch eine Kombination von Kriterien für jeden Ausbauschnitt die günstigsten Werte ergibt. Bei dem hier gegebenen Planungsfall im Nordosten Baden-Württembergs ergibt sich, daß die Abfolge:

Basislösung — Alternative 1 — Alternative 4 — Alternative 7 als die günstigste anzusehen ist (siehe Karten 1 bis 4). Bei dieser Abfolge gilt, daß für jeden Schritt der optimale Wert für:

- die Gesamtkosten des regionalen CT-Systems,
- die Gesamtkosten je CT-Untersuchung,
- die durchschnittliche Entfernung,
- die maximale Entfernung

erreicht oder eingehalten wird. Allein bei der Indikationsrate und damit bei der Anzahl der CT-Untersuchungen wird mit dieser Ausbauabfolge im zweiten Ausbauschnitt der zweitbeste Wert erreicht. Dieser ist allerdings nur 0,4 % schlechter als der optimale Wert.

6. Anwendungsmöglichkeiten

Das hier vorgestellte Planungsmodell ist nicht nur in anderen Planungsräumen anwendbar, sondern eignet sich auch für die Standort- und Kapazitätsplanung anderer medizinischer Großgeräte wie allgemein für die Planung medizinischer Einrichtungen im regionalen Maßstab. Die Planungsaufgaben, in deren Zusammenhang die Anwendung dieses Modells möglich ist, beziehen sich auf Großgeräte und Einrichtungen des Gesundheitswesens, für die folgende Kriterien bedeutsam sein können:

- die flächendeckende Versorgung einer Region ist anzustreben;
- sämtliche Kosten, die bei der Vorhaltung und Nutzung von Geräten oder Einrichtungen entstehen, sollen Berücksichtigung finden und zwar auch dann, wenn die Kosten auf verschiedene Kostenträger verteilt werden;
- die Effizienz der eingesetzten Mittel — Einrichtungen, Geräte, Material, Personal — soll gesichert sein;
- die Effektivität für das regionale Versorgungsniveau soll gewährleistet sein;
- die politische und institutionelle Legitimation für Absprachen oder Lenkung soll vorhanden sein.

Bezogen auf medizinische Großgeräte, die in den kommenden Jahren in der ambulanten und stationären Gesundheitsversorgung eingeführt und angewendet werden, ergeben sich heute sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten für das Modell bei Strahlentherapie-Geräten, Nierenlithotriptern und Kernspintomographen.

Anmerkungen

- 1 Siehe hierzu: *Brucknerberger* (1983), *Abshoff* (1979), Soziale Sicherheit (1982).
- 2 Zu den Anwendungsmöglichkeiten siehe: *Bekier* (1977), *Abshoff* (1979), *Das Krankenhaus* (1982), *Schölmerich* (1983).
- 3 Siehe hierzu die Zusammenstellung über die Situation in Nordrhein-Westfalen bei *Abshoff* (1979).
- 4 Zu dieser Konkurrenzsituation zwischen dem stationären und dem ambulanten Bereich der ärztlichen Versorgung mit CT-Leistungen siehe die Diskussionen und Berichte bei: *Abshoff* (1979), *Brucknerberger* (1983). In diesem Zusammenhang wird weiterhin verwiesen auf: *Niedersächsisches Ärzteblatt* (1980), *Witzbach* (1980), *Pohl* (1982), *Selecta* (1982) und *Brenner* (1984).
- 5 Durch den impliziten räumlichen Bezug unterscheidet sich das hier dargestellte Modell von den primär an den Relationen von ökonomischen und medizinischen Kosten und Nutzen orientierten Analysen, über die bei *Evans + Jost* (zitiert nach *Pohl* 1980), *Schicke* (1981), *Tscho* (1984) oder *Metzger* (1984) berichtet wird.
- 6 Der Planungsfall war Anlaß zu einer Untersuchung für das Sozialministerium Baden-Württemberg, die in zusammengefaßter Form hier berichtet wird. Die Untersuchung ist von *Bach + Hoberg* (1984) veröffentlicht und wird auf Anfrage Interessenten zugesandt.
- 7 Siehe den Krankenhausbedarfsplan II des Landes Baden-Württemberg aus dem Jahre 1983.
- 8 Ein Bericht über diese Empfehlungen wird gegeben bei: *Arzt und Krankenhaus* (1982), *Das Krankenhaus* (1980), *Fischer* (1980).
- 9 Siehe den „Entwurf einer Konzeption für die künftige Versorgung mit CT-Geräten in Baden-Württemberg“ vom April 1983, aufgestellt vom Sozialministerium des Landes Baden-Württemberg.
- 10 In der Literatur werden z. B. die folgenden Indikationsraten angeführt: 11,1 und 11,4 (*Schicke* 1981: 22,27); 11,4 (*Arzt und Krankenhaus* 1982: 325); 7,0, 15,0, 20,0 und 25,0 (*Greenwald et al.* 1979: 213).
- 11 Siehe hierzu den „Bericht des Sozialministeriums über die Ergebnisse der Erhebung zur Zahl und Auslastung der CT-Geräte in Baden-Württemberg“ vom 30. 11. 1983.
- 12 Zur formalen Abbildung von Planungsräumen in Standortmodellen für Infrastruktureinrichtungen siehe *Bach* (1978: 41–45).
- 13 Teile dieses Modells entsprechen dem „Modell zum Lagerhaus-Problem“ sowie dem „Modell zum Standort-Einzugsbereichs-Problem bei Zentralpunkten“. Siehe hierzu *Bach* (1978: 122–131). Zur Anwendung von Modellen in der infrastrukturellen Standortplanung wird verwiesen auf *Hoberg* (1978: 150–161).
- 14 Zur mathematischen Darstellung des Modells siehe *Bach + Hoberg* (1984, 1985).

Literaturverzeichnis

- Abshoff, J.*: Die Versorgung mit Computer-Tomographen im stationären Bereich am Beispiel Nordrhein-Westfalen. In: *Das Krankenhaus*, Jg. 71,10 (1979) 369–375.
- Bach, L.*: Methoden zur Bestimmung von Standorten und Einzugsbereichen zentraler Einrichtungen, (Interdisciplinary Systems Research, Bd. 55), Basel, Stuttgart: Birkhäuser, 1978.
- Bach, L.; Hoberg, R.*: Regionale Standortplanung für medizinische Großgeräte — am Beispiel von Computertomographie-Geräten im Nordosten Baden-Württembergs, (Forschungsmaterialien, H. 10), Bayreuth: Abteilung Raumplanung der Universität Bayreuth, 1984.
- Bach, L.; Hoberg, R.*: A planning model for regional systems of CT scanners. In: *Socio-Economic Planning Sciences*, Jg. 19, (1985) (im Druck).
- Bekier, A.*: Die Computertomographie — einmal anders betrachtet. In: *Therapiewoche*, Jg. 27,48 (1977) 8825–8828.
- Brenner, G.*: Technology assessment in out-patient medical care in the Federal Republic of Germany. In: *van Eimeren et al.* 1984, S. 875–876.
- Brucknerberger, E.*: Zur Problematik der abgestimmten Nutzung medizinisch-technischer Großgeräte. In: *Vogel* 1983, S. 49–57.
- van Eimeren, W.; Engelbrecht, R.; Flagle, Ch. D.* (Hrsg.): 3rd International Conference on Systems Science in Health Care, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1984.
- Fischer, N.*: Grundsätze für die Beschaffung und den Einsatz von Computer-Tomographen. In: *Die Ersatzkasse*, Jg. 60,7 (1980) 310–312.

- Greenwald, H. P.; Woodward, J. M.; Berg, D. H.: Transportation or CT scanners: A theory and method of health resources allocation. In: Health Services Research, Jg. 14,3 (1979) 207–219.
- Hoberg, R.: Methoden Anwendung in der kommunalen Planung, (IFR-Schriftenreihe, H. 13), Karlsruhe: Institut für Regionalwissenschaft der Universität Karlsruhe, 1978.
- Metzger, G.: Cost-effectiveness-analysis of computed tomography. In: van Eimeren et al. 1984, S. 877–879.
- O. V.: Voraussetzungen für die Beschaffung und den Betrieb von CT-Geräten. In: Arzt und Krankenhaus, H. 9 (1982) 325 (zitiert als: Arzt und Krankenhaus 1982).
- O. V.: Grundsätze für die Beschaffung und den Einsatz von CT-Geräten. Empfehlungen des Beirats für Krankenhausfragen nach § 7 Abs. 4 KHG. In: Das Krankenhaus, Jg. 72,9 (1980) 360–361 (zitiert als: Das Krankenhaus 1980).
- O. V.: Anschaffung eines Computer-Tomographen durch ein Krankenhaus. In: Das Krankenhaus, Jg. 74,4 (1982) 179–180 (zitiert als: Das Krankenhaus 1982).
- O. V.: Bedarfsplan für Computer-Tomographen erlassen. In: Niedersächsisches Ärzteblatt, Jg. 53,3 (1980) 103 (zitiert als: Niedersächsisches Ärzteblatt 1980).
- O. V.: Computer-Tomographie: Der Minister will mitreden. In: Selecta, Jg. 24,28 (1982) 2901 (zitiert als: Selecta 1982).
- O. V.: Einsatz der computerisierten Tomographie (CT) im europäischen Vergleich. In: Soziale Sicherheit, Jg. 31,5 (1982) 153–157 (zitiert als: Soziale Sicherheit 1982).
- Pohl, D.: Planungspoker um medizinische Großgeräte. In: Der Deutsche Arzt, Jg. 32,6 (1982) 4–8.
- Pohlitz, O.: Gedanken zur Computertomographie. In: Arzt und Krankenhaus, Jg. 5,9 (1980) 34–35.
- Schicke, R. K.: Computer-Tomographie: Zur Effektivität technologischer Innovation, Vortragsmanuskript zum 7. Colloquium „Ökonomie des Gesundheitswesens“, Robert-Bosch-Stiftung, Murrhardt, 19.–20. 11. 1981 (vervielfältigte Maschinenschrift).
- Schölmerich, P.: Der Bedarf an Großgeräten in der Klinik aus ärztlicher Sicht. In: Vogel 1983, S. 39–48.
- Tsabo, T.: Cost benefit and interest group analysis. In: van Eimeren et al. 1984, S. 705–709.
- Vogel, H. R. (Hrsg.): Bedarf und Bedarfsplanung im Gesundheitswesen, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1983.
- Wirzbach, H.-J.: Computer-Tomographen: Nicht planlos irgendwo hinstellen. In: Der Deutsche Arzt, Jg. 30,9 (1980) 25–26.

Pläne, Berichte, Richtlinien etc.

- Land Baden-Württemberg, Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung (Hrsg.): Krankenhausbedarfsplan II des Landes Baden-Württemberg, Beschluß der Landesregierung vom 6. 12. 1982, Sonderdruck zum Staatsanzeiger 28 vom 9. 4. 1983.
- Land Baden-Württemberg, Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung: Entwurf einer Konzeption für die künftige Versorgung mit CT-Geräten in Baden-Württemberg, April 1983 (vervielfältigte Maschinenschrift).
- Land Baden-Württemberg, Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung: Bericht über die Ergebnisse der Erhebung zur Zahl und Auslastung der CT-Geräte in Baden-Württemberg, vom 30. 11. 1983 (vervielfältigte Maschinenschrift).