

MASTER THESIS | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Antibiotikatherapie der unkomplizierten Zystitis in einem
österreichischen Alten- und Pflegeheim

verfasst von | submitted by

Mag.pharm. Dr.rer.nat. Barbara Lang

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (Continuing Education) (MSc (CE))

Wien | Vienna, 2026

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 999 035

Universitätslehrgang lt. Studienblatt |
Postgraduate programme as it appears on
the student record sheet:

Klinische Pharmazie

Betreut von | Supervisor:

Dr. Eva-Luise Ritter-Hobl

Abstract

The rise of antibiotic resistance poses a serious global health challenge, compromising the treatment of certain infections. Inappropriate antibiotic use is especially common in long-term care facilities, yet few studies in Austria have investigated this issue.

The aim of this study was to analyze the antibiotic treatment of uncomplicated cystitis in a nursing home from January 2024 to June 2025, based on international guidelines. Renal function tests and microbiological urine findings were included when available.

Of the 186 residents with available medical data, 48 received antibiotic treatment for urinary tract infections. In total, 112 prescriptions were documented, with nitrofurantoin being most frequently prescribed (n=67), followed by amoxicillin/clavulanic acid (n=18) and trimethoprim (n=13). The frequent prescription of nitrofurantoin aligns with susceptibility data: except for the intrinsically resistant bacteria *Pseudomonas aeruginosa* and *Proteus mirabilis*, resistance rates were low for *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Enterococcus faecalis*.

Its good efficacy, however, is counterbalanced by the fact that nitrofurantoin is contraindicated in renal insufficiency and should be avoided when the eGFR is below 45 ml/min. eGFR values could be calculated for 26 nitrofurantoin treatment courses of which five (19%) were below the recommended threshold.

A key limitation is that diagnoses corresponding to individual antibiotic prescriptions were not directly documented and had to be inferred from patient records. As this was not possible in all cases, a certain bias exists, and the assessment of drug selection is therefore limited.

Nevertheless, this study highlights opportunities to optimize antibiotic therapy, particularly by consistently considering renal function, and provides concrete starting points for implementing an Antibiotic Stewardship program.

Zusammenfassung

Antibiotikaresistenzen stellen eine zunehmende globale Gesundheitsbedrohung dar, da sie dazu führen können, dass bestimmte Infektionen schwer behandelbar sind. Besonders in Langzeitpflegeeinrichtungen ist der inadäquate Einsatz von Antibiotika weit verbreitet. In Österreich existieren bislang nur wenige Studien zu diesem Thema.

Ziel dieser Arbeit war daher, die antibiotische Therapie der unkomplizierten Zystitis in einem Alten- und Pflegeheim zwischen dem 1.1.2024 und dem 30.6.2025 anhand internationaler Leitlinien zu analysieren. Wenn verfügbar, wurden Nierenfunktion und mikrobiologische Urinbefunde in die Beurteilung einbezogen.

Von den 186 Heimbewohnern, für die medizinische Daten vorlagen, wurden 48 aufgrund eines Harnwegsinfektes antibiotisch behandelt. Insgesamt wurden 112 Verordnungen dokumentiert, wobei Nitrofurantoin am häufigsten verschrieben wurde (n=67), gefolgt von Amoxicillin/Clavulansäure (n=18) und Trimethoprim (n=13). Die häufige Verschreibung von Nitrofurantoin steht im Einklang mit den ermittelten Resistenzraten: Mit Ausnahme der intrinsisch resistenten Bakterien *Pseudomonas aeruginosa* und *Proteus mirabilis* waren die Resistenzraten sowohl bei *Escherichia coli* und *Klebsiella pneumoniae* als auch bei *Enterococcus faecalis* niedrig.

Der guten Wirksamkeit steht die Anwendungsbeschränkung bei eingeschränkter Nierenfunktion gegenüber: Laut Fachinformation soll Nitrofurantoin bei einer eGFR unter 45 ml/min nicht eingesetzt werden. Für 26 Nitrofurantoin-Behandlungszyklen konnte die eGFR berechnet werden, wobei sie in fünf Fällen (19%) unter diesem Grenzwert lag.

Die größte Limitation dieser Arbeit besteht darin, dass Diagnosen zu den Antibiotikaverordnungen nicht direkt dokumentiert waren und anhand der Patientenkartei zugeordnet werden mussten. Da dies nicht in allen Fällen möglich war, liegt eine gewisse Verzerrung der Daten vor; zudem ist die Beurteilung der Wirkstoffauswahl nur eingeschränkt möglich.

Dennoch zeigt diese Arbeit Potenziale zur Optimierung der antibiotischen Therapie auf, insbesondere hinsichtlich der konsequenten Berücksichtigung der Nierenfunktion bei der Therapieentscheidung. Darüber hinaus liefert diese Analyse konkrete Ansatzpunkte für die Etablierung eines Antibiotic Stewardship Programms.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Antibiotikaresistenzen: ein globales Problem	1
1.2. Antibiotikaeinsatz in Langzeitpflegeeinrichtungen	1
1.3. Zystitis	2
1.3.1 Definition, Epidemiologie, Symptome	2
1.3.2. Einteilung in komplizierte versus unkomplizierte Harnwegsinfektionen	3
1.3.3. Erregerspektrum	5
1.3.4. Therapie	5
1.3.4.1. Therapieschemata	5
1.3.4.2. Nierenfunktion	7
1.3.4.3. Verstoffwechselung der Arzneistoffe	9
1.3.4.3.1. Amoxicillin/Clavulansäure	9
1.3.4.3.2. Clarithromycin	10
1.3.4.3.3. Ciprofloxacin	10
1.3.4.3.4. Fosfomycin	10
1.3.4.3.5. Levofloxacin	11
1.3.4.3.6. Nitrofurantoin	11
1.3.4.3.7. Pivmecillinam	12
1.3.4.3.8. Trimethoprim	12
1.3.4.3.9. Sulfametrol	12
2. Methode	13
2.1. Ort der Durchführung und Beobachtungszeitraum	13
2.2. Zuordnung zur Indikation	13
2.2.1. Amoxicillin/Clavulansäure	13
2.2.2. Nitrofurantoin	14
2.2.3. Doxycyclin	14
2.2.4. Clarithromycin	15
2.2.5. Trimethoprim	15

2.2.6. Trimethoprim/Sulfametrol	16
2.2.7. Levofloxacin	16
2.2.8. Ciprofloxacin	17
2.2.9. Pivmecillinam	17
2.2.10. Fosfomycin	18
2.2.11. Amoxicillin, Cefpodoxim, Cefalexin, Clindamycin	18
2.3. Therapiedauer	18
2.4. Nierenfunktion	18
2.5. Antibiotogramme	20
2.6. Dauerkatheter	21
2.7. Alter	21
2.8. Einsatz künstlicher Intelligenz zur stilistischen Überarbeitung	21
3. Ergebnisse	22
3.1. Population	22
3.2. Antibiotikaverordnungen gesamt	22
3.3. Antibiotische Therapie des Harnwegsinfektes	24
3.3.1. Allgemeine Aspekte zur antibiotischen Therapie der Harnwegsinfekte	24
3.3.2. Therapie der Harnwegsinfekte nach Arzneistoffen	26
3.3.2.1 Nitrofurantoin	26
3.3.2.2. Amoxicillin/Clavulansäure	29
3.3.2.3. Trimethoprim	32
3.3.2.4. Trimethoprim/Sulfametrol	34
3.3.2.5. Ciprofloxacin	35
3.3.2.6. Levofloxacin	37
3.3.2.7. Pivmecillinam	39
3.3.2.8. Fosfomycin	40
3.3.2.9. Clarithromycin	41
3.3.3. Beurteilung der antibiotischen Therapie	41
3.3.3.1. Wirkstoffauswahl, Anwendungsdauer	41
3.3.3.2. Dosierung bei eingeschränkter Nierenfunktion	41

3.4. Mikrobiologische Urinuntersuchung	43
3.4.1. Antibiotogramme: Anzahl, Klassifizierung	43
3.4.2. Zielgerichtete Therapie	45
3.4.3. Analyse der als wahrscheinlicher Harnwegsinfekt klassifizierten Antibiotogramme	46
3.4.3.1. Analyse nach Erregerart und Häufigkeit	46
3.4.3.2. Resistenzraten der nachgewiesenen Erreger	48
3.4.3.2.1. Gesamtübersicht der Resistenzraten aller Erreger	48
3.4.3.2.2. Resistenzraten nach Erreger	50
3.4.3.2.2.1. <i>Escherichia coli</i>	50
3.4.3.2.2.2. <i>Klebsiella pneumoniae</i>	51
3.4.3.2.2.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	52
3.4.3.2.2.4. <i>Enterococcus faecalis</i>	53
3.4.3.2.2.5. <i>Proteus mirabilis</i>	54
3.4.3.2.2.6. <i>Enterobacter cloacae</i>	55
3.4.3.2.2.7. <i>Morganella morganii</i>	56
3.4.3.2.2.8. <i>Enterococcus faecium</i>	57
3.4.4. Analyse aller Antibiotogramme	57
3.4.4.1. Analyse nach Erregerart und Häufigkeit	57
3.4.4.2. Resistenzraten der nachgewiesenen Erreger (alle Antibiotogramme)	59
3.4.4.2.1. Gesamtübersicht der Resistenzraten aller Erreger (alle Antibiotogramme)	59
3.4.4.2.2. Resistenzraten nach Erreger	61
3.4.4.2.2.1. <i>Escherichia coli</i> (alle Antibiotogramme)	61
3.4.4.2.2.2. <i>Klebsiella pneumoniae</i> (alle Antibiotogramme)	62
3.4.4.2.2.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (alle Antibiotogramme)	63
3.4.4.2.2.4. <i>Enterococcus faecalis</i> (alle Antibiotogramme)	63
3.4.4.2.2.5. <i>Proteus mirabilis</i> (alle Antibiotogramme)	64
3.4.4.2.2.6. <i>Morganella morganii</i> (alle Antibiotogramme)	65
3.4.4.2.2.7. <i>Providencia stuartii</i> (alle Antibiotogramme)	66
3.4.4.2.2.8. <i>Enterobacter cloacae</i> (alle Antibiotogramme)	67

3.4.4.2.2.9. <i>Staphylococcus aureus</i> (alle Antibiotogramme)	68
3.4.2.2.10. <i>Enterococcus faecium</i> (alle Antibiotogramme)	69
4. Diskussion	70
4.1. Beurteilung der Therapie der unkomplizierten Zystitis	70
4.4. Limitationen	76
4.5. Schlussfolgerung	77
5. Literatur	79

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Antibiotikaverordnungen gesamt

Abbildung 2: Antibiotika zur Therapie der Harnwegsinfekte

Abbildung 3: Art und Häufigkeit der nachgewiesenen Erreger

Abbildung 4: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika

Abbildung 5: Anzahl der Erregernachweise nach primären und sekundären Erregern

Abbildung 6: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika (alle Antibiogramme)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anatomische und funktionelle Änderungen im Harntrakt

Tabelle 2: Symptome bei lokalen und systemischen Infektionen

Tabelle 3: Empfohlene empirische Therapie der unkomplizierten Zystitis bei Frauen

Tabelle 4: Zuordnung der Indikation der Amoxicillin/Clavulansäuretherapie

Tabelle 5: Zuordnung der Indikation der Nitrofurantointherapie

Tabelle 6: Zuordnung der Indikation der Doxycyclintherapie

Tabelle 7: Zuordnung der Indikation der Clarithromycintherapie

Tabelle 8: Zuordnung der Indikation der Trimethoprimtherapie

Tabelle 9: Zuordnung der Indikation der Trimethoprim/Sulfametroltherapie

Tabelle 10: Zuordnung der Indikation der Levofloxacintherapie

Tabelle 11: Zuordnung der Indikation der Ciprofloxacintherapie

Tabelle 12: Alter und Geschlechterverteilung der Pflegeheimbewohner

Tabelle 13: Geschlechterverteilung sowie Alter der antibiotisch behandelten Bewohner

Tabelle 14: Geschlechterverteilung sowie Anzahl und Häufigkeit der Antibiotikaverordnungen

Tabelle 15: Therapieumstellungen und Rezidive/Neuinfektionen

Tabelle 16: Therapie mit Nitrofurantoin

Tabelle 17: Nierenfunktion bei Nitrofurantointherapie

Tabelle 18: Vergleich der eGFR- und Kreatinin-Clearance-Werte unter 45 ml/min/(1,73 m²)

Tabelle 19: Antibiotogramme bei Nitrofurantointherapie

Tabelle 20: Therapie mit Amoxicillin/Clavulansäure

Tabelle 21: Nierenfunktion bei Amoxicillin/Clavulansäuretherapie

Tabelle 22: Antibiotogramme bei Amoxicillin/Clavulansäuretherapie

Tabelle 23: Therapie mit Trimethoprim

Tabelle 24: Nierenfunktion bei Trimethoprimtherapie

Tabelle 25: Antibiotogramme bei Trimethoprimtherapie

Tabelle 26: Therapie mit Ciprofloxacin

Tabelle 27: Nierenfunktion bei Ciprofloxacintherapie

Tabelle 28: Antibiotogramme bei Ciprofloxacintherapie

Tabelle 29: Therapie mit Levofloxacin

Tabelle 30: Nierenfunktion bei Levofloxacintherapie

Tabelle 31: Therapie mit Pivmecillinam

Tabelle 32: Evaluation der Therapie bei eingeschränkter Nierenfunktion an Hand der normierten eGFR

Tabelle 33: Evaluation der Therapie bei eingeschränkter Nierenfunktion an Hand der eGFR oder der Kreatinin-Clearance

Tabelle 34: Antibiotogramme: Anzahl uropathogener Erreger und Einteilung nach Harnwegsinfektwahrscheinlichkeit

Tabelle 35: Zielgerichtete Therapie

Tabelle 36: Häufigkeit der Erregernachweise pro Antibiotogramm

Tabelle 37: Art und Häufigkeit der nachgewiesenen Erreger

Tabelle 38: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika

Tabelle 39: Resistenzraten gegenüber *Escherichia coli*

Tabelle 40: Resistenzraten gegenüber *Klebsiella pneumoniae*

Tabelle 41: Resistenzraten gegenüber *Pseudomonas aeruginosa*

Tabelle 42: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecalis*

Tabelle 43: Resistenzraten gegenüber *Proteus mirabilis*

Tabelle 44: Resistenzraten gegenüber *Enterobacter cloacae*

Tabelle 45: Resistenzraten gegenüber *Morganella morganii*

Tabelle 46: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecium*

Tabelle 47: Erregernachweise gesamt, primäre und sekundäre Erreger

Tabelle 48: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika (alle Antibiotogramme)

Tabelle 49: Resistenzraten gegenüber *Escherichia coli* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 50: Resistenzraten gegenüber *Klebsiella pneumoniae* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 51: Resistenzraten gegenüber *Pseudomonas aeruginosa* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 52: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecalis* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 53: Resistenzraten gegenüber *Proteus mirabilis* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 54: Resistenzraten gegenüber *Morganella morganii* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 55: Resistenzraten gegenüber *Providencia stuartii* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 56: Resistenzraten gegenüber *Enterobacter cloacae* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 57: Resistenzraten gegenüber *Staphylococcus aureus* (alle Antibiotogramme)

Tabelle 58: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecium* (alle Antibiotogramme)

1. Einleitung

1.1. Antibiotikaresistenzen: ein globales Problem

Resistenzen gegen Antibiotika stellen eine zunehmende globale Gesundheitsbedrohung dar. Es gibt Schätzungen, dass Antibiotikaresistenzen weltweit im Zusammenhang mit 4,95 Millionen Todesfällen stehen (Antimicrobial Resistance Collaborators 2022). Obwohl die Ausbildung von resistenten Organismen ein natürlicher Prozess ist, wird er durch den Einsatz von Antibiotika durch den Menschen maßgeblich beschleunigt (Goossens et al. 2005). Dies kann dazu führen, dass gewisse Krankheiten nur schwer oder im schlimmsten Fall nicht mehr behandelt werden können (Antimicrobial Resistance Collaborators 2022). Aber nicht nur im globalen Maßstab ist der Antibiotikaeinsatz problematisch; die Einnahme von Antibiotika führt auch auf individueller Ebene zu einer Resistenzzunahme, die bis zu zwölf Monate nach initialer Verabreichung beobachtet werden kann mit den sich daraus ergebenden eingeschränkten Therapieoptionen für nachfolgende Infektionen (Costelloe et al. 2010).

1.2. Antibiotikaeinsatz in Langzeitpflegeeinrichtungen

Besonders in Langzeitpflegeeinrichtungen gehören Antibiotika zu den am meisten verschriebenen Substanzklassen. Die häufigsten Infektionen betreffen typischerweise den Harntrakt, den Respirationstrakt oder die Haut (European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) 2025).

Studien die in diesem Setting durchgeführt wurden zeigen, dass der unnötige Antibiotikaeinsatz weit verbreitet ist (Stuart et al. 2012, van Buul et al. 2015). Auch die Antibiotikaauswahl, Dosierung und Behandlungsdauer entsprechen oft nicht den Empfehlungen (Appaneal et al. 2021, Hanlon et al. 2021, Rotjanapan et al. 2011).

Da Verschreibungspraktiken und Resistenzmuster lokal variieren können, sind für die Einschätzung der üblichen Behandlungskonzepte regionale Studien von Vorteil. Für Österreich gibt es bislang nur sehr wenige Arbeiten, die sich mit dem Thema Antibiotikaeinsatz in Langzeitpflegeeinrichtungen auseinandersetzen (König et al. 2021, 2024, 2025).

Ziel dieser Masterarbeit ist die Analyse der antibiotischen Behandlung der akuten, unkomplizierten Zystitis in einer Langzeitpflegeeinrichtung anhand der gültigen Leitlinien.

Ein Fokus liegt in der Auswahl der verordneten Antibiotika unter besonderer Berücksichtigung der Nierenfunktion. Darüber hinaus sollen anhand der vorhandenen Antibiotigramme die Häufigkeit der nachgewiesenen Erreger sowie deren Resistenzmuster dargestellt und analysiert werden.

Dafür wurden die Antibiotikaverordnungen in einem Altenwohn- und Pflegeheim in Österreich vom 1.1.2024 bis zum 30.6.2025 mit Hinblick auf die Therapie der unkomplizierten Zystitis analysiert.

Dadurch sollen Felder aufgedeckt werden, bei denen die antibiotische Behandlung nicht den Therapieempfehlungen entsprechen. Dies könnte die Grundlage für eine kritische Auseinandersetzung mit den üblichen Verschreibungspraktiken oder für die Implementierung eines Antibiotic-Stewardship-Programmes liefern.

1.3. Zystitis

1.3.1 Definition, Epidemiologie, Symptome

Eine Zystitis ist eine Entzündung der Harnblase und ist eine der häufigsten Infektionen der Frauen. Ungefähr die Hälfte aller Frauen erkrankt zumindest einmal im Leben an einer Zystitis (European Association of Urology (EAU) 2025 S. 15–21). Männer sind deutlich seltener betroffen. Im Alter nimmt die Inzidenz der Harnwegsinfektionen bei beiden Geschlechtern zu (Ahmed et al. 2018).

Typische Symptome sind auf den unteren Harnweg beschränkt und zeigen sich als neu aufgetretene Schmerzen beim Wasserlassen (Algurie), ungewöhnlich dringlich empfundener Harndrang (imperativer Harndrang), häufige Miktion bei unphysiologisch niedriger Blasenfüllung (Pollakisurie) und Schmerzen oberhalb der Symphyse (Deutsche Gesellschaft für Urologie e.V. (DGU) 2024).

Differentialdiagnostisch abzugrenzen ist die Zystitis von der Pyelonephritis, an die bei Flankenschmerzen, klopfschmerzhaftem Nierenlager und/oder Fieber über 38°C gedacht werden soll (DGU 2024). Typische Zystitis-Symptome können, müssen aber nicht vorhanden sein (EAU 2025, S. 26–31).

1.3.2. Einteilung in komplizierte versus unkomplizierte Harnwegsinfektionen

Bei den Harnwegsinfektionen wird zumeist zwischen komplizierten und unkomplizierten Infektionen unterschieden. Auch die deutsche S3-Leitlinie „Epidemiologie, Diagnostik, Therapie, Prävention und Management unkomplizierter, ambulant erworbener Harnwegsinfektionen im Erwachsenenalter“, die als Leitfaden für diese Arbeit herangezogen wurde, geht nach diesem Schema vor (DGU 2024).

Ein Harnwegsinfekt gilt als unkompliziert, wenn keine relevanten anatomischen oder funktionellen Veränderungen im Harntrakt vorliegen und es ebenso keine relevante Einschränkung der Nierenfunktion und keine relevanten Komorbiditäten gibt. Komplizierte Harnwegsinfektionen zeichnen sich durch eine Störung der Nierenfunktion, des Harntransportes oder der Abwehrmechanismen aus (Tabelle 1).

Tabelle 1: Anatomische und funktionelle Änderungen im Harntrakt (nach DGU 2024, S.21)

anatomische Veränderungen		funktionelle Änderungen
angeboren	erworben	
Ureterabgangsstenose	Nierensteine	Niereninsuffizienz
obstruktiver, refluxiver Megaureter	Harnleitersteine	Harntransportstörungen
Harnblasendivertikel	Harnleiterstrikturen	Entleerungsstörungen der Harnblase
Harnröhrenklappen	Harnblasentumore	Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie
Phimose	Prostatavergrößerung	Detrusor-Sphinkter-Dyskoordination
	Urethrastraktur	intraoperative, postoperative Situationen mit anatomischen Veränderungen oder Einbringen von Fremdkörpern (Nephrostomie, Harnleiterschienen, Harnblasenkatheter)
	Schwangerschaft	
	operative Veränderungen	
	Veränderungen durch Strahlentherapie	Angeborene oder erworbene Störungen der Immunität: - HIV - Leberinsuffizienz - entgleister/schlecht eingestellter Diabetes mellitus - aktuelle immunsuppressive Therapie oder Chemotherapie

Im Gegensatz dazu empfiehlt die European Association of Urology in ihrer neuen Leitlinie, zwischen lokalen und systemischen Infektionen zu unterscheiden (EAU, 2025, S. 8–10). Typische Symptome sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Lokale Infektionen können meist im niedergelassenen Bereich gut behandelt werden. Systemische Infektionen benötigen in der Regel eine Hospitalisierung mit komplexer Diagnostik und intravenöse Antibiotikagabe.

Tabelle 2: Symptome bei lokalen und systemischen Infektionen (nach EAU, S.9)

lokale Infektion	systemische Infektion
Dysurie	Fieber oder Hypothermie
Pollakisurie	Krämpfe, Schüttelfrost
Inkontinenz	Delirium
Eitriger Ausfluss der Harnröhre	Hypotension
Druck oder Krämpfe im Unterbauch	Tachykardie
	Schmerzen/Druckempfindlichkeit im Nierenlager

Risikofaktoren können in beiden Fällen vorkommen und zu einem schwierigeren Verlauf oder einem Therapieversagen führen:

- Restharnvolumen
- Neurologische Patient:innen
- Dauerkatheter
- Obstruktion
- Steine
- Kinder
- Geriatrische oder gebrechliche Patient:innen
- Männer: Prostatabeteiligung
- Frauen: Schwangerschaft, Beckenprolaps
- Vorangegangene Antibiotikaverwendung
- Resistente Organismen
- Immunsuppression
- Kürzlich erfolgter instrumenteller Eingriff

Männliches Geschlecht wird aufgrund mangelnder Evidenz nicht als unabhängiger Risikofaktor geführt.

1.3.3. Erregerspektrum

Der mit Abstand häufigste Erreger der unkomplizierten Harnwegsinfektionen ist *Escherichia coli*. Weiter typische Erreger sind *Staphylococcus saprophyticus*, *Klebsiella pneumoniae* und *Proteus mirabilis* (DGU 2024).

1.3.4. Therapie

1.3.4.1. Therapieschemata

Für die empirische Therapie der unkomplizierten Zystitis bei Frauen empfiehlt die deutsche Leitlinie Fosfomycin, Nitrofurantoin, Nitroxolin (in Österreich nicht am Markt und daher in der Folge nicht berücksichtigt) und Pivmecillinam (DGU 2024). Wenn die lokale Resistenzsituation von *Escherichia coli* 20% nicht übersteigt, kann auch Trimethoprim als Mittel der ersten Wahl gegeben werden. Geriatrische Patienten sollen grundsätzlich gleich behandelt werden wie die jüngere Bevölkerungsgruppe. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die empfohlenen Therapieschemata.

Tabelle 3: Empfohlene empirische Therapie der unkomplizierten Zystitis bei Frauen (nach DGU 2024, S. 139)

Antibiotikum	Dosis	Dosierintervall	Dauer
Fosfomycin	3000 mg	1 x täglich	1 Tag
Nitrofurantoin (makrokristalline Form)	100 mg	2–3 mal täglich	5 Tage
Pivmecillinam	400 mg	2–3 mal täglich	3 Tage
Trimethoprim*	200 mg	2 mal täglich	3 Tage

* wenn die lokale Resistenzsituation von *Escherichia coli* 20% nicht übersteigt.

Für die Therapie von Männern empfiehlt die deutsche Leitlinie Pivmecillinam und Nitrofurantoin. Allerdings ist Nitrofurantoin bei Prostatabeteiligung nicht einzusetzen. Fosfomycin wird aufgrund fehlender Daten nicht empfohlen.

Auch bei der Therapiedauer reicht die Datenlage nicht aus, um eine evidenzbasierte Empfehlung abzuleiten (DGU 2024).

Demgegenüber empfiehlt die europäische Leitlinie Trimethoprim-Sulfamethoxazol oder ein Fluorochinolon für mindestens sieben Tage. Grund für diese Empfehlung ist die Überlegung, dass bei Männern eine Zystitis ohne Prostatabeteiligung unüblich ist und daher ein Antibiotikum mit einer guten Prostatapenetration zum Einsatz kommen soll (EAU 2025, S. 15–21).

Die britische Leitlinie vom National Institute for Health and Care Excellence (NICE) wiederum empfiehlt für Männer als Erstlinientherapie Trimethoprim oder Nitrofurantoin, beides für sieben Tage (NICE 2018b).

Bei Vorliegen eines Harnwegskatheters wird von einer komplizierten Zystitis ausgegangen. Die Analyse der komplizierten Zystitis ist nicht Ziel dieser Arbeit, aber aufgrund der hohen Prävalenz von Dauerkatheträgern in Langzeitpflegeeinrichtungen und der oft lückenhaften Dokumentation werden einige Behandlungsgrundsätze im Folgenden kurz umrissen.

Laut deutscher Leitlinie soll vor Therapiebeginn ein Katheterwechsel erfolgen und eine Urinkultur aus dem frisch gewechselten Katheter genommen werden. Da sich diese Leitlinie in erster Linie an die Behandlung der unkomplizierten Zystitis richtet, gibt es keine Angaben zur empirischen Antibiotikatherapie (DGU 2024).

Die europäische Leitlinie deckt ein weites Spektrum an urologischen Infektionen ab und gibt auch Empfehlungen zur Therapie der katheterassoziierten Zystitis. Analog zur deutschen Leitlinie wird ein Katheterwechsel mit einer nachfolgenden Urinkulturgewinnung empfohlen. Das Spektrum der potenziellen Erreger ist breit und das Risiko für antibiotikaresistente Keime erhöht. Das Erregermuster ähnelt jenen der systemischen Infektionen, weswegen sich die Therapieempfehlungen an jenen der systematischen Harnwegsinfektionen orientieren. Bei der Wahl der (initial) empirischen Therapie sollen lokale Resistenzmuster und vorangegangene mikrobiologische Befunde des Patienten berücksichtigt werden (EAU 2025, S. 29–35).

Die britische NICE-Guideline hat eine eigene Empfehlung für katheterassoziierte Infektionen des unteren Harntrakts. Erstlinientherapie sind Nitrofurantoin, Trimethoprim (bei niedrigem Resistenzrisiko) oder Amoxicillin (wenn es laut Antibiogramm möglich ist). Wenn die oben genannten Wirkstoffe nicht in Frage kommen, ist Pivmecillinam eine Alternative (NICE 2018a).

1.3.4.2. Nierenfunktion

Einschränkungen der Nierenfunktion sind in der geriatrischen Bevölkerung vergleichsweise häufig und Harnwegsinfektionen können die Progression eines akuten und chronischen Nierenversagens begünstigen. Potenziell nephrotoxische Arzneistoffe sollen vermieden und die Dosis an die Nierenfunktion angepasst werden (Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e. V. (PEG) 2019 S. 84–91).

Zur Bestimmung der Nierenfunktion stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Der Goldstandard ist nach wie vor die direkte Messung der glomerulären Filtrationsrate (GFR) anhand exogener Marker. Da diese Methode zeit- und kostenintensiv ist, soll sie nur in speziellen Situationen zur Anwendung kommen.

Im Regelfall wird die GFR anhand von Formeln basierend auf endogenen Markern geschätzt. Am häufigsten wird hierfür Kreatinin verwendet (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024 S. 175–190).

Kreatinin ist ein Abbauprodukt des Muskelstoffwechsels und wird überwiegend glomerulär filtriert; weniger als 15% werden tubulär sezerniert. In den meisten Fällen spiegelt eine Änderung des Kreatininwertes eine Änderung der glomerulären Funktion wider, weswegen er ein guter Marker zur Schätzung der GFR ist. Jedoch gibt es auch GFR-unabhängige Einflussfaktoren auf den Kreatininwert, die zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen können.

So können proteinreiche Ernährung und intensives körperliches Training zu höheren Werten führen, wohingegen verminderte Muskelmasse und Immobilität niedrigere Werte bedingen. Weiters können Arzneistoffe wie Trimethoprim, Cimetidin, Dolutegravir und Tyrosinkinasehemmer die tubuläre Sekretion vermindern und so zu höheren Serumkreatininwerten führen (Mirkov et al. 2024).

Cystatin C ist ein weiterer endogener Marker zur Abschätzung der Nierenfunktion. Da er nur wenig von Muskelmasse und Ernährung beeinflusst wird, kann die Verwendung dieses Markers zum Beispiel bei extrem niedrigem oder hohem Körpergewicht sowie bei Zirrhose von Vorteil sein. Nachteilig sind die höheren Kosten und die nicht flächendeckende Verfügbarkeit (Stefani et al. 2019).

Im folgenden Abschnitt werden die drei wichtigsten Formeln zur Schätzung der Nierenfunktion kurz beschrieben.

Die erste Formel zur Schätzung der Kreatinin-Clearance (Kr-Cl) wurde 1976 von Cockcroft und Gault publiziert. Neben dem Serumkreatinin werden dabei auch Alter und Geschlecht in die Berechnung einbezogen (Cockcroft & Gault 1976).

Kritik an der Cockcroft-Gault Formel besteht unter anderem darin, dass sie zu einer Zeit entwickelt wurde, in der die Kreatininbestimmung noch nicht standardisiert war.

Infolgedessen können die heute ermittelte Kreatinin-Clearance-Werte um 5%–10% höher ausfallen als jene vor der Standardisierung. Darüber hinaus setzte sich die Studienpopulation überwiegend aus Männern kaukasischer Abstammung zusammen. Der für Frauen verwendete Korrekturfaktor von 0,85 beruht nicht auf direkten Messungen, sondern der Überlegung, dass die Kreatininwerte von Frauen etwa 85% derjenigen von Männer betragen (Hart & Anderson 2018).

Ein weiterer Kritikpunkt ist die Verwendung des Gewichts anstatt der Körperoberfläche, was insbesondere bei Patienten mit Ödemen oder adipösen Personen zu verzerrten Ergebnissen führen kann (KDIGO 2024, S.245-250).

1999 wurde mit der MDRD-Formel (Modification of Diet in Renal Disease Equation) eine Möglichkeit geschaffen, die GFR automatisch zu berechnen, da die Ergebnisse auf eine standardisierte Körperoberfläche von 1,73 m² normiert wurden. Neben dem Serumkreatinin basiert diese Formel auf den Variablen Alter, Geschlecht und Rasse (Levey et al. 1999).

Nachteilig ist, dass die MDRD-Formel die GFR bei Werten über 60 ml/min/1,73 m² systematisch unterschätzt. Zudem weichen 10% aller geschätzten Werte mehr als 30% von der gemessenen GFR ab, weshalb heute zunehmend neuere Formeln bevorzugt werden (Mirkov et al. 2024).

Eine Weiterentwicklung stellt die 2009 publizierte CKD-EPI Formel (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration Formel) dar, die zunächst Serumkreatinin, Alter, Geschlecht und Rasse zur Schätzung der GFR verwendete. Da das Konzept der Rasse in der klinischen Praxis oft schwierig anzuwenden ist, wurde die Gleichung im Jahr 2021 dahingehend überarbeitet, dass die Schätzung der GFR ausschließlich auf Serumkreatinin, Alter und Geschlecht basiert. Analog zur MDRD-Formel ist auch die CKD-EPI-Formel auf eine Körperoberfläche von 1,73 m² normiert, weißt aber eine bessere Übereinstimmung mit gemessenen GFR-Werten überein und liefert insbesondere bei höheren Werten zuverlässigere Ergebnisse (KDIGO 2013, S. 38–56)

Bei deutlichen Abweichungen von der indexierten Körperoberfläche, wie sie insbesondere in der geriatrischen Population mit kleinen und leichten Personen häufig vorkommt, kann die tatsächliche Nierenfunktion erheblich von der normierten eGFR abweichen.

Durch den Bezug der GFR auf die tatsächliche Körperoberfläche erhält man GFR-Werte, die die tatsächliche Nierenfunktion besser widerspiegeln und den normierten eGFR-Werten vorzuziehen sind (KDIGO 2024, S. 245–250).

Alternativ zur kreatininbasierten CKD-EPI Formel ($eGFR_{cr}$), steht auch eine Cystatin-C-basierte Formel ($eGFR_{cys}$) sowie eine kombinierte Formel, die beide Parameter berücksichtigt ($eGFR_{cr-cys}$), zur Verfügung.

Besteht der Verdacht, dass die $eGFR_{cr}$ die Nierenfunktion nur unzureichend abbildet, wird die Verwendung der $eGFR_{cr-cys}$ Formel empfohlen, da diese in den meisten Fällen die glomeruläre Filtration mit ausreichender Genauigkeit schätzt (KDIGO 2024, S.175–190).

1.3.4.3. Verstoffwechslung der Arzneistoffe

1.3.4.3.1. Amoxicillin/Clavulansäure

Amoxicillin und Clavulansäure zeigen bei oraler Einnahme eine gute und schnelle Resorption mit einer Bioverfügbarkeit beider Substanzen von etwa 70%. Die beiden Arzneistoffe verteilen sich gut im Gewebe, wobei in der Cerebrospinalflüssigkeit nur niedrige Wirkspiegel erreicht werden.

Die Elimination von Amoxicillin erfolgt überwiegend renal. 60–70% werden in den ersten sechs Stunden unverändert mit dem Urin ausgeschieden. Weitere 10–25% werden zur inaktiven Penicilloinsäure metabolisiert und renal eliminiert.

Im Gegensatz dazu wird die Clavulansäure metabolisiert und sowohl über den Urin als auch über den Stuhl ausgeschieden und als Kohlendioxid abgeatmet.

Dadurch nimmt bei eingeschränkter Nierenfunktion die Clearance von Amoxicillin stärker ab als die Elimination der Clavulansäure, was zu einer Akkumulation von Amoxicillin führen kann. Bei einem Unterschreiten der Kreatinin-Clearance von 30 ml/min soll die Arzneistoffkombination nicht angewendet werden, da keine Empfehlung für eine Dosisanpassung verfügbar ist (Fachinformation von Clavamox 875 mg/125 mg, Stand 04/2023).

1.3.4.3.2. Clarithromycin

Clarithromycin hat eine Bioverfügbarkeit von etwa 50%. Für diesen Arzneistoff gibt es Formulierungen mit veränderter Wirkstofffreisetzung, durch die bei gleich bleibender Bioverfügbarkeit das Auftreten von Kumulationen deutlich vermindert wird.

Clarithromycin wird in der Leber über das Cytochrom P 450-System zu drei verschiedenen Metaboliten umgewandelt. Die Ausscheidung erfolgt zu 30% über die Fäces und weitere 40% werden renal eliminiert.

Bei einer schweren Nierenfunktionsstörung entsprechend einer Kreatinin-Clearance von weniger als 30 ml/min soll die übliche Tagesdosis der Formulierung mit veränderter Wirkstofffreisetzung von 500 mg auf 250 mg halbiert werden. Bei schweren Infektionen ist eine einmal tägliche Gabe von 500 mg möglich (Fachinformation von Klacid Uno, Stand 06/2024).

1.3.4.3.3. Ciprofloxacin

Ciprofloxacin wird nach oraler Gabe rasch resorbiert und hat eine Bioverfügbarkeit von 70–80% (Fachinformation von Ciprofloxacin +pharma 250 mg, Stand 11/2024). Die Penetration in die meisten Gewebe ist gut und besonders in der Prostata und der Lunge werden Konzentrationen erreicht, die jene im Plasma um das Vielfache übersteigen (Finch et al. 2003, S. 360).

Ciprofloxacin wird nur zu einem kleinen Teil metabolisiert. Der überwiegende Teil wird unverändert renal und im geringeren Umfang auch fäkal ausgeschieden. Bei eingeschränkter Nierenfunktion soll die Dosis angepasst werden (Fachinformation von Ciprofloxacin +pharma 250 mg, Stand 11/2024).

1.3.4.3.4. Fosfomycin

Die Bioverfügbarkeit von Fosfomycin beträgt etwa 33–53%. Die Resorption wird durch Nahrung vermindert, wodurch das Erreichen der maximalen Urinkonzentration um vier Stunden verzögert wird. Allerdings bleibt sowohl bei nüchterner Einnahme als auch bei Einnahme mit Nahrung die Konzentration im Urin für mindestens 24 Stunden über 128 µg/ml. Fosfomycin unterliegt einem enterohepatischen Kreislauf und 18–28% der Dosis werden mit der Fäzes ausgeschieden. Der überwiegende Teil (40–50%) wird unverändert glomerulär sezerniert. Laut Fachinformation ist eine Anwendung bei einer Kreatinin-Clearance von unter 10 ml/min nicht empfohlen (Fachinformation von Monuril 3 g, Stand 06/2021).

1.3.4.3.5. Levofloxacin

Levofloxacin wird nach oraler Gabe rasch und fast vollständig resorbiert und weist eine sehr hohe Bioverfügbarkeit von etwa 99–100% auf. Der Wirkstoff verteilt sich gut im Körpergewebe einschließlich der Prostata und erreicht hohe Konzentrationen im Urin. Dagegen sind Wirkspiegel in der Cerebrospinalflüssigkeit niedrig.

Die Elimination erfolgt überwiegend renal in unveränderter, pharmakologisch aktiver Form. Weniger als 5% werden metabolisiert und anschließend mit dem Urin ausgeschieden. Um eine Akkumulation bei eingeschränkter Nierenfunktion zu vermeiden, ist bei einer Kreatinin-Clearance von unter 50 ml/min die Dosis zu reduzieren bzw. das Dosierintervall zu verlängern (Fachinformation von Levofloxacin 1A Pharma 250 mg, Stand 12/2024).

1.3.4.3.6. Nitrofurantoin

Nitrofurantoin gibt es in einer mikrokristallinen und einer makrokristallinen Form. In Österreich ist nur die makrokristalline Form am Markt, die sich von der mikrokristallinen dadurch unterscheidet, dass die Resorption langsamer ist, wodurch Spitzenkonzentrationen vermieden werden und damit einhergehend die Verträglichkeit verbessert wird. Gleichzeitig führt das langsamere Anfluten zu einer Verlängerung des Wirkspiegels, sodass eine zwei- bis dreimal tägliche Gabe ausreicht, während die mikrokristalline Form vier- bis sechsmal täglich verabreicht werden muss (DGU 2024).

Nitrofurantoin verteilt sich in alle Gewebe und Körperflüssigkeiten. Da es aber in diesen Kompartimenten rasch zu einer Inaktivierung kommt, sind die resultierenden Wirkspiegel gering und liegen im Regelfall unter der minimalen Hemmkonzentration. Da die Elimination überwiegend renal erfolgt, werden im Urin antimikrobiell wirksame Konzentrationen erreicht, wobei ungefähr 50% der Substanz als inaktiver Metabolit ausgeschieden werden (Fachinformation von Furadantin, Stand 09/2025).

Bei eingeschränkter Nierenfunktion wird die Ausscheidung verzögert, was zu einem steigenden Serumspiegel und einer verminderten Nitrofurantoinkonzentration im Urin führt. Demzufolge kann die antimikrobielle Wirkung im Urin abnehmen und durch die gestiegenen Serumspiegel die Wahrscheinlichkeit für Nebenwirkungen erhöht sein (Fachinformation von Furadantin, Stand 09/2025, Wijma 2018).

In Österreich ist die Anwendung auf eine Nierenfunktion mit einer eGFR von mindestens 45 ml/min beschränkt (Fachinformation von Furadantin, Stand 09/2025). Entsprechend empfehlen sowohl die deutsche Leitlinie als auch die britische NICE-Guideline eine

Anwendung erst ab einer eGFR von ≥ 45 ml/min (DGU 2024, NICE 2018b). Demgegenüber definiert die europäische Leitlinie eine Kontraindikation erst ab einer eGFR von unter 30 ml/min/1,73 m² (EAU 2025, S. 15–21).

1.3.4.3.7. Pivmecillinam

Pivmecillinam ist ein Prodrug und wird im Körper zum aktiven Wirkstoff Mecillinam hydrolysiert. Die Bioverfügbarkeit beträgt 60–70%. Nur ein kleiner Teil von Mecillinam wird über die Galle ausgeschieden. Die Elimination erfolgt hauptsächlich über glomeruläre und tubuläre Sekretion in der Niere. Bei schweren Nierenfunktionsstörungen ist die Elimination um ungefähr 75% reduziert und demzufolge soll die Dosis angepasst werden, sobald die Kreatinin-Clearance kleiner als 30 ml/min ist (Fachinformation von Selexid 200 mg, Stand 02/2024).

1.3.4.3.8. Trimethoprim

Trimethoprim wird rasch resorbiert und hat eine hohe Bioverfügbarkeit. Die Konzentrationen sind im Gewebe und Urin höher als jene im Serum; besonders in der Lunge und den Nieren werden hohe Spiegel erreicht.

Nur ein geringer Teil von Trimethoprim wird über die Leber metabolisiert. Zum Großteil erfolgt die Elimination über die Niere durch glomeruläre und tubuläre Filtration der unveränderten aktiven Substanz.

Laut Fachinformation ist eine Tagesmaximaldosis von 100 mg empfohlen, wenn die Kreatinin-Clearance 10–30 ml/min beträgt. Fällt die Kreatinin-Clearance unter 10 ml/min, ist Trimethoprim kontraindiziert (Fachinformation von Triprim 200 mg, Stand 10/2016).

1.3.4.3.9. Sulfametrol

Sulfametrol ist in Österreich nur in Kombination mit Trimethoprim auf dem Markt. Der Arzneistoff wird rasch und praktisch vollständig resorbiert (Fachinformation von Lidaprim forte, Stand 11/2024). Sulfametrol wird in der Leber zu N4-Acetylsulfametrol acetyliert.

Die Elimination erfolgt überwiegend renal. Bei Niereninsuffizienz kommt es zu einer Akkumulation des Metaboliten, was eine Reduktion der Dosis bzw. eine Verlängerung des Dosierintervalls nötig macht (Fachinformation von Lidaprim forte, Stand 11/2024, Vouloumanou et al. 2011).

2. Methode

2.1. Ort der Durchführung und Beobachtungszeitraum

Die Analyse der antibiotischen Behandlung der Zystitis wurde für das Altenwohn- und Pflegeheim St. Franziskus in Güssing durchgeführt. Das Pflegeheim verfügt über 116 Betten, aufgeteilt auf vier Stationen. Berücksichtigt wurden ausschließlich Infektionen, die in der Pflegeeinrichtung behandelt wurden. Die Verordnungen der Antibiotika erfolgten durch die betreuenden praktischen Ärzte (ein hauptbetreuender Arzt) sowie durch einen Urologen. Zusätzlich flossen Therapieempfehlungen aus zwei im Einzugsgebiet liegenden Spitälern bzw. Ambulanzen in die Behandlung ein.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 1.1.2024 bis zum 30.6.2025. Ausgegangen wurde von allen im Altenwohn- und Pflegeheim Franziskus hinterlegten Verordnungen mit dem jeweiligen Dosierintervall, der Stärke und der Dauer der Anwendung. Da keine Indikation zu den Medikamenten hinterlegt war, wurden anhand der Dokumentation des hauptverschreibenden Arztes die Indikationen zugeordnet.

2.2 Zuordnung zur Indikation

In einigen Fällen konnte keine eindeutige Indikation für die jeweilige Antibiotikaverordnung ermittelt werden. Das Vorgehen in diesen Fällen wird im folgenden Abschnitt näher erläutert.

2.2.1. Amoxicillin/Clavulansäure

Insgesamt wurden 82 Verordnungen für die Arzneistoffkombination Amoxicillin/Clavulansäure erfasst, von denen in 71 Fällen eine Indikation zugeordnet werden konnte. Bei einer dieser Verordnungen erfolgte die Zuordnung zu den Harnwegsinfektionen ausschließlich auf Grundlage eines Antibiotogrammes. Insgesamt wurden 18 Verordnungen von Amoxicillin/Clavulansäure aufgrund eines Harnwegsinfektes und 53 aufgrund anderer Infektionen gezählt. In elf Fällen konnte die Indikation nicht eindeutig bestimmt werden, sodass diese Verordnungen nicht in die Analyse der antibiotischen Therapie der Harnwegsinfekte einbezogen wurden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Zuordnung der Indikation der Amoxicillin/Clavulansäuretherapie

gesamt	82 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	11 (13%)
Indikation zuordenbar	71 (87%)
Harnwegsinfekt	18 (22%)
keine Harnwegsinfekt	53 (65%)

2.2.2. Nitrofurantoin

Bei Nitrofurantoin wurden 68 Verordnungen erfasst. Bei einer Verordnung ist laut ärztlicher Rücksprache ein Dokumentationsfehler wahrscheinlich, weswegen man von 67 tatsächlichen Verordnungen ausgehen kann. Bei 14 dieser Verordnungen war keine Indikation dokumentiert. Von diesen 14 Patienten wurde bei dreien eine mikrobiologische Urinuntersuchung durchgeführt, was auf das Vorliegen eines Harnwegsinfekts hinweist. Die übrigen 11 Patienten wurden ebenfalls den Harnwegsinfekten zugerechnet, da Nitrofurantoin ausschließlich zur Therapie und Rezidivprophylaxe von Harnwegsinfektionen zugelassen ist und dies laut ärztlicher Rücksprache auch der Praxis im Altenwohn- und Pflegeheim entspricht (Tabelle 5).

Tabelle 5: Zuordnung der Indikation der Nitrofurantointherapie

gesamt	67 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	11 (16%)
Indikation zuordenbar	56 (84%)
Harnwegsinfekt	67 (100%)
kein Harnwegsinfekt	0 (0%)

2.2.3. Doxycyclin

Doxycyclin wurde insgesamt 56 mal verordnet. In 45 Fällen erfolgte die Verordnung nicht aufgrund eines Harnwegsinfektes. In elf Fällen konnte die Indikation nicht eindeutig zugeordnet werden. Laut ärztlicher Rücksprache wurde Doxycyclin überwiegend zur

Behandlung respiratorischer Infekte eingesetzt; ein Einsatz bei unkomplizierten Harnwegsinfekten fand im Haus nicht statt. Daher wurden diese elf Fälle in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Zuordnung der Indikation der Doxycyclintherapie

gesamt	56 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	11 (20%)
Indikation zuordenbar	45 (80%)
Harnwegsinfekt	0 (0%)
kein Harnwegsinfekt	45 (80%)

2.2.4. Clarithromycin

Für Clarithromycien waren insgesamt 14 Verordnungen erfasst. Bei einer Verordnung konnte keine Indikation zugeordnet werden, sodass diese für die weitere Analyse der Harnwegsinfekte ausgeschlossen wurden. Von den verbliebenen 13 Verordnungen wurde nur bei einer ein Harnwegsinfekt diagnostiziert. Bei diesem Patienten lag zugleich eine Bronchitis vor (Tabelle 7).

Tabelle 7: Zuordnung der Indikation der Clarithromycintherapie

gesamt	14 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	1 (7%)
Indikation zuordenbar	13 (93%)
Harnwegsinfekt	1 (7%)
kein Harnwegsinfekt	12 (86%)

2.2.5. Trimethoprim

Von den 14 Verordnungen für Trimethoprim konnte bei einer keine Indikation zugeordnet werden. Diese Verordnung wurde nicht in die Analyse einbezogen, da die Antibiotikatherapie

bereits vor Eintritt in die Gemeinschaftseinrichtung begonnen worden war. Die verbleibenden 13 Verordnungen erfolgten aufgrund eines Harnwegsinfektes (Tabelle 8).

Tabelle 8: Zuordnung der Indikation der Trimethoprimtherapie

gesamt	14 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	1 (7%)
Indikation zuordenbar	13 (93%)
Harnwegsinfekt	13 (93%)
kein Harnwegsinfekt	0 (0%)

2.2.6. Trimethoprim/Sulfametrol

Die Verordnung der Kombination Trimethoprim/Sulfametrol wurde drei mal dokumentiert. Alle drei Verordnungen erfolgten aufgrund eines Harnwegsinfektes. In einem Fall wurde die Kombination zur Therapie einer Epididymitis eingesetzt. Im Gegensatz zu den beiden anderen Fällen wurde dieser Fall nicht in die Analyse miteinbezogen (Tabelle 9).

Tabelle 9: Zuordnung der Indikation der Trimethoprim/Sulfametroltherapie

gesamt	3 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	0 (0%)
Indikation zuordenbar	3 (100%)
Harnwegsinfekt (außer Epididymitis)	2 (67%)
kein Harnwegsinfekt oder Epididymitis	1 (33%)

2.2.7. Levofloxacin

Für Levofloxacin wurden sieben Verordnungen dokumentiert. Vier Verordnungen erfolgten wegen eines Harnwegsinfektes und wurden in die Analyse einbezogen. Eine Verordnung zur Behandlung einer Epididymitis und zwei ohne dokumentierter Indikation wurden nicht in die Analyse miteinbezogen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Zuordnung der Indikation der Levofloxacintherapie

gesamt	7 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	2 (29%)
Indikation zuordenbar	5 (71%)
Harnwegsinfekt (außer Epididymitis)	4 (57%)
kein Harnwegsinfekt oder Epididymitis	1 (14%)

2.2.8. Ciprofloxacin

Ciprofloxacin wurde insgesamt fünf mal verordnet. Vier Verordnungen erfolgten aufgrund eines Harnwegsinfektes und wurden in die Datenauswertung einbezogen. Im Gegensatz dazu wurde eine Verordnung, die nach einem stationären Aufenthalt aufgrund einer Bakteriämie erfolgte, nicht in die Analyse aufgenommen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Zuordnung der Indikation der Ciprofloxacintherapie

gesamt	5 (100%)
Indikation nicht zuordenbar	0 (%)
Indikation zuordenbar	5 (100%)
Harnwegsinfekt	4 (80%)
kein Harnwegsinfekt	1 (20%)

2.2.9. Pivmecillinam

Für Pivmecillinam wurden zwei Verordnungen dokumentiert. Eine Verordnung erfolgte aufgrund eines Harnwegsinfektes und wurde daher in die Analyse einbezogen. Für die zweite Verordnung konnte keine eindeutige Indikation zugeordnet werden. Da jedoch laut ärztlicher Rücksprache Pivmecillinam im Untersuchungszeitraum ausschließlich zur Therapie von Harnwegsinfekten eingesetzt wurde, wurde auch diese Verordnung in die Analyse einbezogen.

2.2.10. Fosfomycin

Für Fosfomycin wurde eine Verordnung aufgrund eines Harnwegsinfektes dokumentiert. Diese Verordnung wurde in die Analyse einbezogen.

2.2.11. Amoxicillin, Cefpodoxim, Cefalexin, Clindamycin

Für Amoxicillin wurden zwei Verordnungen dokumentiert, die beide nicht aufgrund eines Harnwegsinfektes erfolgten und daher für die Analyse nicht berücksichtigt wurden.

Cefpodoxim wurde ebenfalls zweimal verordnet. In einem Fall war in der Patientenakte ersichtlich, dass kein Harnwegsinfekt vorlag; beim zweiten Fall war die Indikation unklar. Beide Verordnungen wurden daher nicht in die Analyse einbezogen.

Für Cefalexin gab es nur eine Verordnung. Diese Verordnung erfolgte nicht aufgrund eines Harnwegsinfektes, sodass sie nicht in die Analyse aufgenommen wurde.

Zwei Verordnungen von Clindamycin wurden erfasst, die beide nicht aufgrund eines Harnwegsinfektes erfolgten und ebenfalls nicht berücksichtigt wurden.

2.3. Therapiedauer

Bei der Ermittlung der Therapiedauer war in den Unterlagen nicht durchgängig dokumentiert, ob das Antibiotikum am ersten und letzten Therapietag jeweils den ganzen oder nur den halben Tag verabreicht wurde. Zur Vereinheitlichung und besseren Vergleichbarkeit der Daten wurde daher in allen Fällen von vollen Therapietagen ausgegangen. Demzufolge kann die berechnete Therapielänge die tatsächliche um bis zu einen Tag überschreiten.

2.4. Nierenfunktion

Für die Einschätzung der Nierenfunktion wurde für alle Arzneistoffe die Kreatinin-Clearance nach Cockcroft-Gault anhand der Kreatinin-Werte und des Gewichts berechnet. Für Ciprofloxacin und Nitrofurantoin wurde zusätzlich die geschätzte glomeruläre Filtrationsrate (eGFR) bezogen auf die eigene Körperoberfläche ermittelt, da dieser Parameter in der Fachinformation angegeben ist (Fachinformation von Ciprofloxacin +pharma 250 mg, Stand 11/2024; Fachinformation von Furadantin, Stand 09/2025).

Die Laborwerte stammten aus der Patientenkartei des hauptverschreibenden Arztes. Angaben zu Größe und Gewicht wurden – sofern vorhanden – aus dem Bewohnerverzeichnis des Altenwohn- und Pflegeheimes entnommen.

Aufgrund der eingeschränkten Datenverfügbarkeit war keine vollständige Analyse der Nierenparameter möglich.

Der Zeitraum, der zwischen dem vorliegendem Laborergebnis und dem Beginn der antibiotischen Therapie liegen darf, wurde in Anlehnung an die S3-Leitlinie „Versorgung von Patient*innen mit nicht nierenersatztherapiepflichtigen Nierenkrankheiten in der Hausarztpraxis – Chronisch eingeschränkte Nierenfunktion in der Hausarztpraxis“ der Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin festgelegt. Diese empfiehlt bis zu einer Nierenfunktionseinschränkung vom Grad 3b (eGFR 30–44 ml/min/1,73 m²) eine maximal zweimal jährliche Kontrolle der Nierenfunktion (Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin e.V. 2024, S. 114–117).

Da im analysierten Patientenkollektiv alle bis auf eine Person eGFR-Werte über 30 ml/min/1,73 m² aufwiesen, wurden ausschließlich Laborwerte berücksichtigt, die bis zu 180 Tage vor Beginn der antibiotischen Therapie erhoben worden waren oder während einer laufenden Therapie gemacht wurden.

Waren mehrere relevante Laborwerte vorhanden, wurde jeweils derjenige Wert herangezogen, der – ausgehend vom Beginn der antibiotischen Therapie – zeitlich am nächsten lag. Ältere Laborwerte wurden in der Analyse nicht berücksichtigt, auch wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese vom behandelnden Arzt in die Therapieentscheidung einbezogen wurden.

Die Laborwerte für die Nierenfunktion wurden vom gleichen Labor erhoben (Laborgemeinschaft südliches Burgenland, Güttenbach). Wenn kein rezentes Labor zur Verfügung stand, wurden die Laborwerte aus dem Entlassungsbefund nach einem stationären Aufenthalt (LKH Güssing, LKH Oberwart, LKH Oststeiermark) entnommen.

Alle Labore ermittelten die Nierenfunktion anhand der kreatininbasierten CKD-EPI Formel normiert auf 1,73 m² Körperoberfläche.

Sofern Größe und Gewicht im Altenwohn- und Pflegeheim vorlagen, wurde die eGFR auf die tatsächliche Körperoberfläche bezogen berechnet. Die Berechnung der Körperoberfläche erfolgte nach der Formel von Du Bois und Du Bois (Du Bois und Du Bois 1989):

Körperoberfläche (m²) = Körpergewicht (kg)^{0,425} × Körpergröße (cm)^{0,725} × 0,007184

Zur Berechnung der Kreatinin-Clearance wurde die Cockcroft-Gault-Formel verwendet (Cockcroft und Gault 1976):

Männer: $\text{CrCl (ml/min)} = ((140 - \text{Alter (Jahre)}) \times \text{Gewicht (kg)}) / (72 \times \text{Kreatinin (mg/dl)})$

Frauen: $\text{CrCl (ml/min)} = ((140 - \text{Alter (Jahre)}) \times \text{Gewicht (kg)}) / (72 \times \text{Kreatinin (mg/dl)}) \times 0,85$.

Die Cockcroft-Gault-Formel ist bei adipösen Personen weniger zuverlässig, da das zusätzliche Körpergewicht überwiegend aus Fett und nicht aus Muskelmasse besteht. Daher wurde das adjustierte Körpergewicht (adjusted body weight, ABW) anstelle des tatsächlichen Körpergewichts (total body weight, TBW) verwendet, wenn das tatsächliche Körpergewicht das ideale Körpergewicht (ideal body weight, IBW) um mehr als 20% überstieg und die Größe des Patienten dokumentiert war (Emanuel et al. 2023).

Das IBW wurde nach der Formel von Devine berechnet (Devine 1974). Die metrische Variante der Formel wurde der S3-Leitlinie „Beatmung und extrakorporale Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ entnommen (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) 2025, p. 116):

Männer: $\text{IBW (kg)} = 50 + 0,91 \times (\text{Größe (cm)} - 152,4)$

Frauen: $\text{IBW (kg)} = 45,5 + 0,91 \times (\text{Größe (cm)} - 152,4)$

Das adjustierte Körpergewicht wurde nach folgender Formel berechnet (Traynor et al. 1995):

$\text{ABW (kg)} = \text{IBW} + 0,4 \times (\text{TBW} - \text{IBW})$

2.5. Antibiotogramme

Die Antibiotogramme wurden den Patientenakten des hauptverschreibenden Arztes entnommen. Wie in Abschnitt 2.4. Nierenfunktion beschrieben, ist die Vollständigkeit der Daten daher nicht in allen Fällen gewährleistet.

Sämtliche Antibiotogramme wurden unter Berücksichtigung der EUCAST-Kriterien (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) 2025) vom selben Labor analysiert (Ambulatorium für medizinische und chemische Labordiagnostik in Eisenstadt).

Entsprechend der internationalen Praxis wurde anstelle von Pivmecillinam Mecillinam getestet. Es ist davon auszugehen, dass die für Mecillinam ermittelten Resistenzmuster auf Pivmecillinam übertragbar sind (EUCAST 2026).

Ergebnisse mit bis zu zwei potenziell uropathogenen Erregern und einer Keimzahl von 10^5 oder höher wurden vom Labor als wahrscheinliche Harnwegsinfekte klassifiziert. Wurden drei

oder mehr relevante Erreger nachgewiesen, wurde ein Harnwegsinfekt als unwahrscheinlich eingestuft, sofern kein entsprechender Vorbefund vorlag.

Zur Ermittlung der Gesamtresistenzrate wurden die vom Labor bestimmten Resistenzraten der jeweiligen Erreger gegenüber dem entsprechendem Antibiotikum addiert. Zusätzlich wurden diejenigen in der jeweiligen Urinkultur nachgewiesenen Erreger, für die keine Testung gegenüber dem jeweiligen Antibiotikum erfolgt war, als resistent gewertet und ebenfalls in die Berechnung der Gesamtresistenzrate einbezogen.

2.6. Dauerkatheter

Angaben zur Verwendung eines Dauerkatheters wurden der Patientenkartei des hauptverschreibenden Arztes entnommen. Auch in diesem Fall gilt, wie in Abschnitt 2.4. und 2.5. beschrieben, dass die Vollständigkeit der Daten nicht gegeben ist.

Darüber hinaus waren Beginn und Ende der Katheterisierung nicht durchgängig dokumentiert, was die Auswertbarkeit zusätzlich einschränkt.

2.7. Alter

Das Alter der Bewohner wurde zum Stichtag (30.6.2025) berechnet.

2.8. Einsatz künstlicher Intelligenz zur stilistischen Überarbeitung

Zur Verbesserung der sprachlichen Klarheit und Lesbarkeit wurden KI-basierte Anwendungen eingesetzt. Diese lieferten Vorschläge zur stilistischen Änderung einzelner Absätze. Im Regelfall wurden diese nicht unverändert übernommen, sondern dienten als Anregungen, um den Text in eine klarere und leichter lesbare Form zu überführen.

3. Ergebnisse

3.1. Population

Im Beobachtungszeitraum vom 1.1.2024 bis zum 30.6.2025 wohnten insgesamt 187 Personen im Altenwohn- und Pflegeheim, wovon von 186 medizinische Daten zur Verfügung standen. Von diesen 186 Bewohnern waren 61 männlich und 125 weiblich. Das Durchschnittsalter lag bei 86 (± 8) Jahren und war bei den Männern mit 83 (± 9) Jahren leicht niedriger als bei den Frauen mit 87 (± 8) Jahren. Der Median betrug 87 Jahre und die Spannweite lag zwischen 53 und 103 Jahren (Tabelle 12).

Im Durchschnitt betrug die Aufenthaltsdauer 331 (± 211) Tage und war ebenso bei den Männern mit 264 (± 206) Tagen kürzer als bei den Frauen, bei denen die durchschnittliche Aufenthaltsdauer bei 364 (± 205) Tagen lag.

Tabelle 12: Alters- und Geschlechterverteilung der Pflegeheimbewohner

Gesamtzahl der Bewohner	186
Männer	61 (33%)
Frauen	125 (67%)
Alter (in Jahren) – Mittelwert	
Gesamt	86 (± 8)
Männer	83 (± 9)
Frauen	87 (± 8)

3.2. Antibiotikaverordnungen gesamt

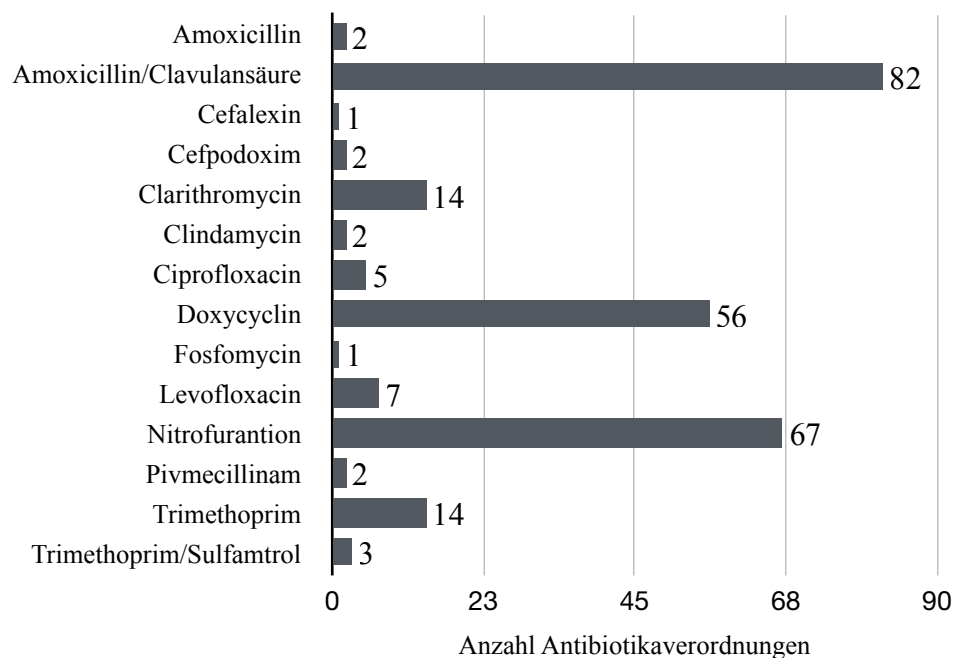
Im Beobachtungszeitraum wurden bei 116 Personen insgesamt 259 Antibiotikaverordnungen dokumentiert. In einem Fall ist von einem Dokumentationsfehler auszugehen, und die betreffende Person hat das dokumentierte Antibiotikum wahrscheinlich nicht erhalten. Entsprechend wurden 258 Antibiotikaverordnungen in die Analyse eingeschlossen, was einer Rate von 4,2 Antibiotikaverordnungen pro 1000 Bewohnertage entspricht. Das Patientenkollektiv umfasste 35 Männer und 81 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 83 (± 10 , Männer) bzw. 87 (± 8 , Frauen) Jahren (Tabelle 13).

Tabelle 13: Geschlechterverteilung sowie Alter der antibiotisch behandelten Bewohner

Anzahl	
Männer	35 (30%)
Frauen	81 (70%)
Alter (in Jahren) – Mittelwert	
Gesamt	85 (± 8)
Männer	83 (± 10)
Frauen	87 (± 8)

Insgesamt wurden 14 unterschiedliche systemische Antibiotika bzw. Antibiotika-kombinationen verordnet. Die drei am häufigsten eingesetzten Antibiotika waren Amoxicillin/Clavulansäure (n=82), Nitrofurantoin (n=67) und Doxycyclin (n=56).

Abbildung 1: Antibiotikaverordnungen gesamt

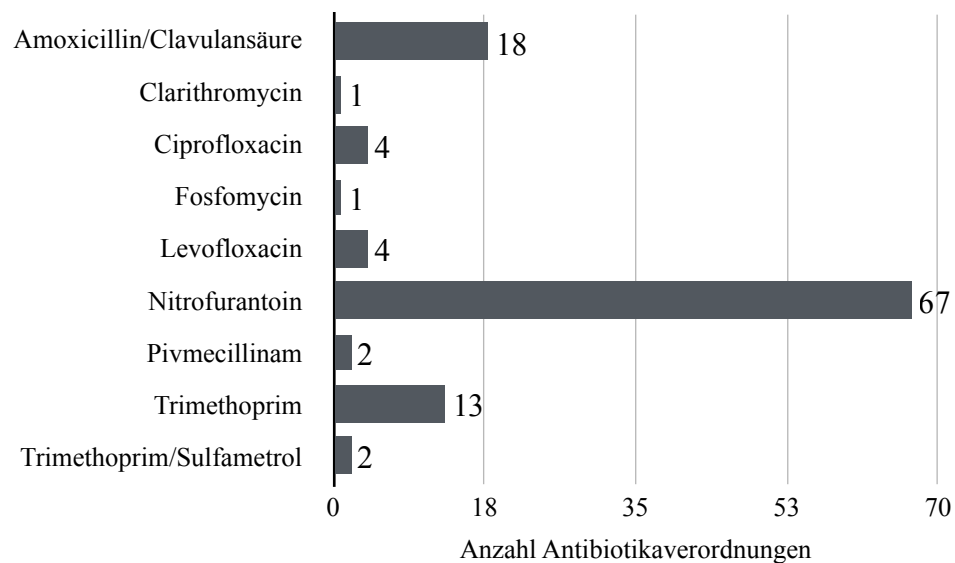


3.3. Antibiotische Therapie des Harnwegsinfektes

3.3.1. Allgemeine Aspekte zur antibiotischen Therapie der Harnwegsinfekte

Von den insgesamt 258 verordneten Antibiotika konnten 112 der Indikation Harnwegsinfekte (ohne Epididymitis) zugeordnet werden, was einer Rate von 1,8 Antibiotikaverordnungen pro 1000 Bewohnertage entspricht. Am häufigsten verschrieben wurde Nitrofurantoin (n=67), gefolgt von Amoxicillin/Clavulansäure (n=18) und Trimethoprim (n=13).

Abbildung 2: Antibiotika zur Therapie der Harnwegsinfekte



Die 112 Verordnungen betrafen 48 Personen, davon 38 Frauen und 10 Männer. Während des Beobachtungszeitraumes erhielten 22 Bewohner:innen nur ein Antibiotikum zur Behandlung eines Harnwegsinfektes, während 26 Personen mit mehr als einem Antibiotikum therapiert wurden. Die durchschnittliche Anzahl an Verordnungen pro Person lag bei 2,4 ($\pm 2,1$), der Maximalwert bei 12 (Tabelle 14).

Tabelle 14: Geschlechterverteilung sowie Anzahl und Häufigkeit der Antibiotikaverordnungen

Antibiotikaverordnungen	
gesamt	48
Männer	10 (21%)
Frauen	38 (79%)
eine Verordnung	22 (46%)
zwei oder mehr Verordnungen	26 (54%)
Mittelwert	2,4 ($\pm 2,1$)
maximale Anzahl an Verordnungen	12

Es wurde immer nur ein Antibiotikum zur Zeit gegeben. In 13 Fällen erfolgte innerhalb von drei Tagen nach Beendigung der ersten Therapie eine neue Verordnung mit einem anderen antibiotischen Wirkstoff, wovon in zwei Fällen eine weitere Therapieumstellung (0 Tage Abstand) auf ein drittes Antibiotikum dokumentiert war.

Zudem waren sieben Fälle dokumentiert, bei denen zwischen vier und 14 Tagen nach Ende der antibiotischen Therapie ein Rezidiv bzw. ein neuer Infekt auftrat, der ebenfalls antibiotisch behandelt wurde. Dabei wurde in fünf Fällen das Antibiotikum gewechselt, in zwei Fällen erhielt die Patientin erneut den zuvor verordneten Wirkstoff (Tabelle 15).

Tabelle 15: Therapieumstellungen und Rezidive/Neuinfektionen

Therapieumstellungen	Anzahl (Prozent*)
einmalige Umstellung	11 (10%)
zweimalige Umstellung	2 (2%)
Rezidiv/Neuinfektion	7 (6%)
Antibiotikum umgestellt	5 (4%)
Antibiotikum beibehalten	2 (2%)

* Anteil an allen antibiotischen Harnwegsinfektbehandlungen

3.3.2. Therapie der Harnwegsinfekte nach Arzneistoffen

3.3.2.1 Nitrofurantoin

39 Personen wurden im Beobachtungszeitraum insgesamt 67 mal mit Nitrofurantoin behandelt, wovon 29 Frauen und zehn Männer waren. Die mittlere Behandlungsdauer betrug 6,6 Tage. Es wurden immer Dosen von 100 mg Nitrofurantoin morgens und abends gegeben. Nur für einen Behandlungszyklus war eine einmalige Gabe am Morgen dokumentiert. Laut ärztlicher Rücksprache ist hier von einem Dokumentationsfehler auszugehen, sodass auch in diesem Fall von einer standardmäßigen zweimaligen Einnahme ausgegangen werden kann. Eine Übersicht der Kennzahlen der Nitrofurantointherapie findet sich in Tabelle 16.

Tabelle 16: Therapie mit Nitrofurantoin

Verordnungen gesamt	67
Patient:innen gesamt	39
Männer	10 (26%)
Frauen	29 (74%)
Dosierung	100 mg
Dosierintervall	1–0–1
durchschnittliche Behandlungsdauer	6,6 Tage
maximale Behandlungsdauer	17 Tage

Da Nitrofurantoin ab einem eGFR-Wert unter 45 ml/min nicht eingesetzt werden soll (Fachinformation von Furodantin, Stand 09/2025), wurden die Nierenfunktion der Patient:innen überprüft. Bei 28 der 39 Patient:innen war die eGFR dokumentiert. Da bei manchen Bewohner:innen die Nierenfunktion mehrfach gemessen wurde, konnten insgesamt 35 Messungen für die Dosierempfehlung von 40 Nitrofurantoin-Zyklen berücksichtigt werden. Die mittlere eGFR normiert auf die Körperoberfläche von 1,73 m² betrug 68,5 ml/min. Bei neun Messungen lag die eGFR unter 45 ml/min/1,73 m², wobei eine Messung für die Therapieevaluation von zwei Therapiezyklen verwendet wurde.

In 22 Fällen konnte die tatsächliche Körperoberfläche ermittelt und in die Berechnung der eGFR miteinbezogen werden. Diese 22 eGFR-Werte wurden zur Therapieüberprüfung von 26 Behandlungszyklen herangezogen.

Von jenen neun Laborwerten, bei denen die normierte eGFR unter 45 ml/min/1,73 m² lag, konnte bei vier die eGFR auf die tatsächliche Körperoberfläche bezogen werden. Die Werte änderten sich leicht, blieben aber unter der Grenze von 45. Eine Patientin fiel erst jetzt unter die Grenze; davor lag der eGFR-Wert mit 58 ml/min/1,73 m² noch deutlich darüber.

Die Kreatinin-Clearance konnte für 17 Personen berechnet werden, die zur Therapieevaluation von 25 Behandlungszyklen diente. Auch hier gab es eine mitunter deutliche Verschiebung der Werte. Alle fünf Personen, die unter der Grenze von 45 ml/min bezogen auf die eigene Körperoberfläche lagen, blieben auch bei Verwendung der Kreatinin-Clearance unter dieser Marke. Zwei Patientinnen, bei denen die eGFR über 60 ml/min lag, fielen erst jetzt unter die Grenze von 45 ml/min.

Eine detaillierte Auflistung der Nierenparameter bei Nitrofurantointherapie ist in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: Nierenfunktion bei Nitrofurantointherapie

	eGFR (ml/min/1,73 m²)	eGFR (ml/min)	Kreatinin- Clearance (ml/min)
Anzahl Laborbestimmungen	32	22	22
Anzahl Patient:innen	28	17	17
Anzahl Behandlungszyklen	40	26	25
Mittelwert	69	72	53
Anzahl Werte < 45	9	5	7

Tabelle 18 listet jene Laborwerte der Patient:innen auf, bei denen mindestens einer der drei oben genannten Nierenparameter (eGFR/1,73 m², eGFR, Kreatinin-Clearance) unter dem Grenzwert von 45 ml/min (bzw. 45 ml/min/1,73 m²) lag und stellt sie einander gegenüber. Auffallend ist, dass die eGFR die Nierenfunktion durchwegs höher einschätzte als die Kreatinin-Clearance. Die größte Abweichung trat zwischen der normierten eGFR und der Kreatinin-Clearance bei einer 90 jährigen Patientin mit einem Körpergewicht unter 50 kg auf und betrug 43 ml/min.

Tabelle 18: Vergleich der eGFR- und Kreatinin-Clearance-Werte unter 45 ml/min/(1,73 m²)

eGFR < 45 ml/min/1,73 m ²	eGFR < 45 ml/min	Kreatinin-Clearance < 45 ml/min
6	6	6
44	44	35
40	–	–
31	–	–
42	–	–
43	40	24
40*	–	–
39	–	–
38	39	27
58	43	26
71	62	28
72	68	34

* Dieser Wert wurde für zwei Therapiezyklen zur Therapieevaluation herangezogen.

Ein Antibiotogramm lag in 40 Fällen vor; bei 33 davon wurde ein Harnwegsinfekt als wahrscheinlich, bei sieben aufgrund des Wachstums von keinem (zwei Fälle) sowie von drei oder vier Erregern (fünf Fälle) als unwahrscheinlich beurteilt.

Von den 38 Antibiotogrammen mit Keimwachstum waren 23 mal alle Erreger empfindlich gegenüber Nitrofurantoin und vier mal alle resistent. In elf Fällen war zumindest ein Erreger empfindlich, jedoch nicht alle.

Bei Betrachtung der Antibiotogramme, bei denen ein Harnwegsinfekt wahrscheinlich ist, erwiesen sich 22 mal alle Erreger gegenüber Nitrofurantoin empfindlich, vier mal alle resistent und in sechs Fällen waren mindestens ein, jedoch nicht alle Erreger resistent (Tabelle 19).

Tabelle 19: Antibiotogramme bei Nitrofurantointherapie

	alle Antibiotogramme	Harnwegsinfekt wahrscheinlich
Anzahl Antibiotogramme	40	32
Anzahl Antibiotogramme mit Keimwachstum	38	32
alle Erreger resistent gegenüber Nitrofurantoin	4 (11%)	4 (12%)
ein Teil der Erreger resistent gegenüber Nitrofurantoin	11 (29%)	6 (18%)
alle Erreger empfindlich gegenüber Nitrofurantoin	23 (61%)	22 (70%)

Die Gesamtresistenzrate gegenüber Nitrofurantoin betrug bei den als wahrscheinliche Harnwegsinfekte klassifizierten Antibiotogrammen 36%. Bei der differenzierten Betrachtung jener Erreger, die mit einer Häufigkeit von über 10% nachgewiesen wurden, zeigte sich eine gute Wirksamkeit von Nitrofurantoin gegenüber *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* und *Enterococcus faecalis* mit Resistenzraten von 4%, 13% und 0%. Demgegenüber sind die beiden ebenfalls häufig nachgewiesenen Keime *Proteus mirabilis* und *Pseudomonas aeruginosa* intrinsisch resistent (Finch et al. 2003, S.329).

10 Personen hatten während des Beobachtungszeitraumes einen Dauerkatheter.

3.3.2.2. Amoxicillin/Clavulansäure

Insgesamt 16 Heimbewohner erhielten Amoxicillin/Clavulansäure, um einen Harnwegsinfekt zu behandeln, wovon 13 Frauen und drei Männer waren. Zwei dieser Personen erhielten zur Therapie eines Harnwegsinfektes jeweils zwei Therapiezyklen mit Amoxicillin/Clavulansäure, sodass 18 Verordnungen dokumentiert wurden.

Die Dosierung betrug durchgängig 875/125 mg bei einem Dosierintervall von zweimal täglich (morgens und abends). Lediglich in einem Fall war eine einmal tägliche Gabe vermerkt. Allerdings verschlechterte sich der Zustand der Bewohnerin, sodass sie einen Tag nach Therapiebeginn stationär aufgenommen wurde und nicht mehr weiter in der Pflegeeinrichtung behandelt wurde; vermutlich erfolgte daher keine Anpassung des Dosierschemas auf eine zweimal tägliche Gabe.

Die mittlere Therapiedauer betrug 7,1 Tage, die maximale 15 Tage. Tabelle 20 gibt einen Überblick über die Therapie mit Amoxicillin/Clavulansäure.

Tabelle 20: Therapie mit Amoxicillin/Clavulansäure

Verordnungen gesamt	18
Patient:innen gesamt	16
Männer	3 (19%)
Frauen	13 (81%)
Dosierung	875 / 125 mg
Dosierintervall	1–0–1
durchschnittliche Behandlungsdauer	7,1 Tage
maximale Behandlungsdauer	15 Tage

Amoxicillin/Clavulansäure soll unter einer Kreatinin-Clearance von unter 30 ml/min nicht angewendet werden, da hierfür keine Empfehlungen zur Dosisanpassung vorliegen (Fachinformation von Clavamox 875 mg/125 mg, Stand 04/2023). Von zehn Patient:innen waren insgesamt elf Messungen zur Nierenfunktion in der Patientenakte hinterlegt, wodurch die Dosis für 11 Behandlungszyklen überprüft werden konnte.

Die normierte eGFR lag bei keiner der Patientin und Patienten unter diesem Grenzwert. In neun Fällen war zusätzlich eine Gewichtsangabe vorhanden, wodurch die Kreatinin-Clearance nach Cockcroft-Gault berechnet werden konnte. Der Mittelwert lag mit 48 ml/min deutlich unter dem entsprechenden Mittelwert der eGFR mit 68 ml/min/1,73 m², jedoch blieben auch hier sämtliche Werte über der Grenze von 30 ml/min (Tabelle 21).

Tabelle 21: Nierenfunktion bei Amoxicillin/Clavulansäuretherapie

	eGFR (ml/min/1,73 m ²)	Kr-Cl (ml/min)
Anzahl Laborbestimmungen	11	9
Anzahl Patient:innen	10	8
Anzahl Behandlungszyklen	11	9
Mittelwert	68	48
Anzahl Werte < 30 ml/min	0	0

Von den 18 Verordnungen war bei neun im Behandlungszeitraum ein aktuelles Antibiotogramm dokumentiert. In sieben dieser Fälle wurde der Harnwegsinfekt laut Antibiotogramm als wahrscheinlich eingestuft, in einem als fraglich und in einem weiteren als unwahrscheinlich. In sechs Fällen waren alle nachgewiesenen Erreger gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure empfindlich; einmal waren drei von vier Erregern empfindlich. In zwei Fällen zeigten die identifizierten Bakterienkulturen eine Resistenz gegenüber der Arzneimittelkombination (Tabelle 22).

Tabelle 22: Antibiotogramme bei Amoxicillin/Clavulansäuretherapie

	alle Antibiotogramme	Harnwegsinfekt wahrscheinlich
Anzahl Antibiotogramme	9	7
alle Erreger resistent gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure	2 (22%)	1 (14%)
ein Teil der Erreger resistent gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure	1 (11%)	1 (14%)
alle Erreger empfindlich gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure	6 (67%)	5 (71%)

Neun mal wurde Amoxicillin/Clavulansäure ohne Antibiotogramm verordnet. Eine Person war zusätzlich an einer Bronchitis erkrankt. Amoxicillin/Clavulansäure wurde hier nur für einen Tag verabreicht, danach wurde auf Clarithromycin umgestellt. Daher ist es anzunehmen, dass in diesem Fall die Therapie der Bronchitis im Vordergrund stand. Eine weitere Person war zeitgleich zum Harnwegsinfekt an einer Otitis media erkrankt.

Bei Analyse jener Antibiotogramme, die als wahrscheinlicher Harnwegsinfekt klassifiziert wurden, betrug die Gesamtresistenzrate 38%. Betrachtet man ausschließlich Erreger, die mehr als 10% der nachgewiesenen Keime ausmachten, war die Resistenzrate von *Escherichia coli* mit 33% am höchsten. Bei *Klebsiella pneumoniae* und *Proteus mirabilis* lag diese deutlich darunter mit 19% bzw. 13%; bei *Enterococcus faecalis* waren alle getesteten Isolate empfindlich. Demgegenüber ist *Pseudomonas aeruginosa* intrinsisch resistent (Finch et al. 2003, S. 242).

Sieben der behandelten Personen wiesen einen Dauerkatheter auf

3.3.2.3. Trimethoprim

10 Patient:innen erhielten 13 Behandlungszyklen mit Trimethoprim, wovon einer männlich und neun weiblich waren. Acht Personen erhielten einmal Trimethoprim, eine Person zweimal und eine weitere drei Mal.

Die Dosierung lag zwischen 200 mg (n=7) und 300 mg (n=6). Die Gabe erfolgte in sechs Fällen nur morgens und sieben mal morgens und abends, sodass die Tageshöchstdosis zwischen 200 und 600 mg lag. Die zweimal tägliche Gabe erfolgte überwiegend bei der Dosierung von 200 mg (n=6) und die einmal tägliche bevorzugt bei einer Dosierung von 300 mg (n=5). Jeweils einmal wurden 200 mg einmal täglich verordnet bzw. 300 mg zwei mal täglich. Laut Fachinformation sind je nach Art und Schwere der Infektion verschiedene Therapieschemata möglich. Einzig die Variante der einmal täglichen Gabe von 200 mg ist nicht aufgeführt (Fachinformation von Triprim 200 mg, Stand 10/2016).

Die mittlere Behandlungsdauer betrug 7,7 Tage, die maximale 14 Tage. Eine Übersicht über die Eckdaten der Trimethoprimtherapie ist in Tabelle 23 aufgelistet.

Tabelle 23: Therapie mit Trimethoprim

Verordnungen gesamt	13
Patient:innen gesamt	10
Männer	1 (10%)
Frauen	9 (90%)
Dosierung	200 mg (7 x) 300 mg (6 x)
Dosierintervall	1-0-0 (6 x) 1-0-1 (7 x)
Tageshöchstdosis	200 mg–600 mg
durchschnittliche Behandlungsdauer	7,7 Tage
maximale Behandlungsdauer	14 Tage

Die Nierenfunktion wurde überprüft, da bei einer Kreatinin-Clearance unter 30 ml/min die Tagesmaximaldosis von 100 mg nicht überschritten werden sollte (Fachinformation von

Triprim 200 mg, Stand 10/2016). Bei sieben Patient:innen waren insgesamt acht eGFR-Werte dokumentiert, die zur Dosisüberprüfung von 10 Therapiezyklen herangezogen werden konnten.

Der Mittelwert der normierten eGFR betrug 61 ml/min/1,73 m², wobei in keinem Fall ein Wert unter 30 ml/min/1,73 m² dokumentiert war. Die Kreatinin-Clearance konnte in sechs Fällen berechnet werden und zeigte mit einem Mittelwert von 42 ml/min eine Verschiebung zu niedrigeren Werten wobei ein Wert mit 27 ml/min unter der Grenze von 30 ml/min. Es handelte sich dabei um eine über neunzigjährige adipöse Patientin, bei der zur Berechnung der Kreatinin-Clearance das adjustierte anstelle des tatsächlichen Körpergewichts verwendet wurde. Sie erhielt 200 mg Trimethoprim morgens und abends und lag damit klar über der empfohlenen Tageshöchstdosis von 100 mg. Die Therapie mit Trimethoprim wurde am Ende eines stationären Aufenthaltes eingeleitet, im Zuge dessen sie einen Harnwegsinfekt entwickelte. Eine Übersicht über die Nierenfunktion bei Trimethoprimtherapie liefert Tabelle 24.

Tabelle 24: Nierenfunktion bei Trimethoprimtherapie

	eGFR (ml/min/1,73 m ²)	Kr-Cl (ml/min)
Anzahl Laborbestimmungen	8	6
Anzahl Patient:innen	7	5
Anzahl Behandlungszyklen	10	8
Mittelwert	61	42
Anzahl Werte < 30	0	1

Ein Antibiotogramm für den aktuellen Infekt lag in fünf Fällen vor, wobei in drei Fällen ein Harnwegsinfekt vom Labor als wahrscheinlich eingestuft wurde und in zwei Fällen als unwahrscheinlich.

In zwei Fällen war nur ein Teil der nachgewiesenen Erreger empfindlich gegen Trimethoprim, während in drei Fällen alle identifizierten Erreger resistent waren. In allen drei Antibiotogrammen, die vom Labor als wahrscheinlicher Harnwegsinfekt klassifiziert wurden, waren sämtliche Erreger gegen Trimethoprim resistent (Tabelle 25).

Tabelle 25: Antibiotogramme bei Trimethoprimtherapie

	alle Antibiotogramme	Harnwegsinfekt wahrscheinlich
Anzahl Antibiotogramme	5	3
alle Erreger resistent gegen Trimethoprim	3 (60%)	3 (100%)
ein Teil der Erreger resistent gegen Trimethoprim	2 (40%)	0

Die Gesamtresistenzrate für Trimethoprim betrug 53% bezogen auf alle als Harnwegsinfekt klassifizierten Antibiotogramm. 38% der getesteten *Escherichia coli*-Isolate und jeweils 13% aller *Klebsiella pneumoniae*- bzw. *Proteus mirabilis*-Isolate waren resistent, wohingegen *Pseudomonas aeruginosa* intrinsisch resistent ist; *Enterococcus faecalis* wurde ebenfalls als resistent gewertet, da die Aktivität ungewiss ist und die klinische Aktivität nicht vorhergesagt werden kann (EUCAST 2026, S. 38–42, Finch et al. 2003, S. 287).

Drei Personen hatten einen Dauerkatheter.

3.3.2.4. Trimethoprim/Sulfametrol

Ein Patient erhielt zwei Therapiezyklen mit Trimethoprim/Sulfametrol (160 mg/800 mg) zweimal täglich für jeweils fünf bzw. acht Tage. Den ersten Therapiezyklus erhielt der Patient nach stationärem Aufenthalt wegen eines fieberhaften Harnwegsinfektes. 13 Tage nach Beendigung der Therapie wurde ein erneuter Harnwegsinfekt wieder mit derselben Kombination behandelt. Nach Erhalt des Antibiotogrammes, bei dem Trimethoprim nicht sensibel war, wurde auf Nitrofurantoin umgestellt.

Für Trimethoprim/Sulfametrol besteht bei eingeschränkter Nierenfunktion eine Anwendungsbeschränkung. Bei einer Kreatinin-Clearance unter 15 ml/min soll die Arzneistoffkombination nicht gegeben werden (Fachinformation von Lidaprim forte, Stand 11/2024).

Der Patient hatte eine eGFR von 9 ml/min/1,73 m², was einer Kreatinin-Clearance von 8 ml/min entspricht und somit eine Gegenanzeige für die Anwendung darstellt.

Für einen Infekt lag ein aktuelles Antibiotogramm vor. Der nachgewiesene Erreger war resistent gegenüber Trimethoprim; allerdings war die Kombination Trimethoprim/Sulfametrol nicht getestet worden.

3.3.2.5. Ciprofloxacin

Drei Bewohnerinnen erhielten insgesamt vier Therapiezyklen mit Ciprofloxacin. Die Dosierung lag zwischen 250 und 500 mg morgens und abends. Die mittlere Behandlungsdauer lag bei 7,5 Tagen, die maximale bei 11 Tagen (Tabelle 26).

Tabelle 26: Therapie mit Ciprofloxacin

Verordnungen gesamt	4
Patientinnen gesamt	3
Männer	0
Frauen	3 (100%)
Dosierung	250 mg (2x) 500 mg (2x)
Dosierintervall	1–0–1
durchschnittliche Behandlungsdauer	7,5 Tage
maximale Behandlungsdauer	11 Tage

Bei allen drei Patientinnen war ein eGFR-Wert dokumentiert, der für drei Therapiezyklen zur Dosisüberprüfung herangezogen werden konnte. In einem Fall wurde Ciprofloxacin ohne eine aktuelle Nierenfunktionsbestimmung verordnet.

Laut Fachinformation wird bei einer Kreatinin-Clearance zwischen 30 und 60 ml/min/1,73 m² eine Maximaldosis von 500 mg alle 12 Stunden empfohlen. Liegt die Kreatinin-Clearance unter 30 ml/min/1,73 m², sollen 250–500 mg alle 24 Stunden verabreicht werden (Fachinformation von Ciprofloxacin +pharma 250 mg, Stand 11/2024).

Da die Angabe zu einer Kreatinin-Clearance mit dem Zusatz von ml/min/1,73 m² unüblich ist – da in die Berechnung der Kreatinin-Clearance das Körpergewicht miteinbezogen ist und es nicht auf eine Körperoberfläche von 1,73 m² genormt ist –, wurden sowohl eGFR (ml/min/1,73 m²) als auch Kreatinin-Clearance bei allen drei Patientinnen überprüft.

Bei einer Patientin lag der Wert der eGFR/1,73 m² im Bereich zwischen 30 und 60 ml/min/1,73 m². Sie erhielt 500 mg zweimal täglich, was der Empfehlung zur Dosierung unter Verwendung der normierten eGFR entsprechen würde.

Zieht man jedoch die Kreatinin-Clearance zur Dosisanpassung heran, lag der Wert unter 30 ml/min, für den eine Dosierung von 250–500 mg nur einmal täglich empfohlen ist (Tabelle 27).

Tabelle 27: Nierenfunktion bei Ciprofloxacintherapie

	eGFR (ml/min/1,73 m ²)	Kr-Cl (ml/min)
Anzahl Laborbestimmungen	3	3
Anzahl Patientinnen	3	3
Anzahl Behandlungszyklen	3	3
Mittelwert	70	50
Anzahl Werte zwischen 30 und 60	1	0
Anzahl Werte < 30	0	1

In allen vier Fällen lag ein Antibiotogramm für die aktuelle Infektion vor. In drei Fällen wurde die Urinkultur vom Labor als potenzieller Harnwegsinfekt eingestuft, in einem Fall nicht. In drei Fällen waren alle nachgewiesenen Erreger empfindlich gegenüber Ciprofloxacin und in einem Fall war der identifizierte Erreger resistent gegenüber Ciprofloxacin, wohingegen bei den als wahrscheinlicher Harnwegsinfekt klassifizierten Antibiotogramme in zwei Fällen alle nachgewiesenen Erreger empfindlich und in einem Fall alle resistent waren (Tabelle 28).

Tabelle 28: Antibiotogramme bei Ciprofloxacintherapie

	alle Antibiotogramme	Harnwegsinfekt wahrscheinlich
Anzahl Antibiotogramme	4	3
alle Erreger resistent	1 (25%)	1 (33%)
alle Erreger empfindlich	3 (75%)	2 (67%)

Die Gesamtresistenzrate gegenüber Ciprofloxacin betrug bei den als wahrscheinlich Harnwegsinfekten klassifizierten Antibiotogrammen 29%. Ebenfalls 29% der getesteten

Escherichia coli Isolate waren resistent, wohingegen alle *Klebsiella pneumoniae* und *Proteus mirabilis* Isolate empfindlich waren. Die Resistenzrate von *Pseudomonas aeruginosa* betrug 20%, wohingegen *Enterococcus faecalis* wegen der vermuteten geringen Aktivität nicht getestet und daher als resistent gewertet wurde (García-Solache & Rice 2019. Lee 20134).

Zwei Patientinnen hatten einen Dauerkatheter.

3.3.2.6. Levofloxacin

Vier Patienten wurden mit jeweils einem Therapiezyklus Levofloxacin behandelt. Von diesen waren einer ein Mann und drei Frauen. Die Dosierung lag zwischen 250 und 500 mg einmal täglich. Die durchschnittliche Behandlungsdauer betrug sieben und die maximale acht Tage (Tabelle 29).

Tabelle 29: Therapie mit Levofloxacin

Verordnungen gesamt	4
Patient:innen gesamt	4
Männer	1 (25%)
Frauen	3 (75%)
Dosierung	250 mg (1x) 500 mg (3x)
Dosierintervall	1–0–0
durchschnittliche Behandlungsdauer	7,0 Tage
maximale Behandlungsdauer	8 Tage

Bei drei Patient:innen war die eGFR dokumentiert. Die mittlere eGFR betrug 58 ml/min/1,73 m². Bei allen dreien konnte die Kreatinin-Clearance berechnet werden. Der berechnete Mittelwert fiel auch bei Levofloxacin mit 42 ml/min niedriger aus als der Mittelwert der normierten eGFR.

Bei einer Kreatinin-Clearance im Bereich von 20–50 ml/min soll die Erstdosis in gewohnter Höhe beibehalten werden und bei den folgenden Gaben eine Dosishalbierung vorgenommen werden (Fachinformation von Levofloxacin 1A Pharma 250 mg, Stand 12/2024). Zwei

Personen wiesen eine Kreatinin-Clearance von 23 ml/min bzw. 44 ml/min auf und fielen somit in diesen Bereich, was einer eGFR von 40 ml/min/1,73 m² bzw. 56 ml/min/1,73 m² entspricht (Tabelle 30).

Jene Person mit einer Kreatinin-Clearance von 23 ml/min erhielt 250 mg Levofloxacin, was bei dieser Nierenfunktion eine adäquate Dosierung darstellt. Laut Fachinformation wäre jedoch eine Erstdosis von 500 mg empfohlen gewesen (Fachinformation von Levofloxacin 1A Pharma 250 mg, Stand 12/2024).

Die Patientin mit einer Kreatinin-Clearance von 44 ml/min erhielt Levofloxacin in einer Dosierung von 500 mg einmal täglich. Entsprechend der Fachinformation hätten nach einer Erstdosis von 500 mg die weiteren Dosen jeweils 250 mg betragen sollen. Die Nichtberücksichtigung der eingeschränkten Nierenfunktion bei der Wahl der Dosis kann in diesem Fall zum einen auf den späten Erhalt des Laborergebnisses zurückzuführen sein, da die Kontrolle der relevanten Laborparameter erst unter laufender Therapie erfolgten und somit zu Therapiebeginn noch nicht vorlagen. Zum anderen war die Patientin adipös, sodass erst durch Berechnung der Kreatinin-Clearance unter Verwendung des adjustierten Körpergewichts ein Wert unter 50 ml/min ermittelt wurde. Wäre die Berechnung auf Basis des tatsächlichen Körpergewichts erfolgt, wäre die Kreatinin-Clearance über 50 ml/min gelegen.

Tabelle 30: Nierenfunktion bei Levofloxacintherapie

	eGFR (ml/min/1,73 m²)	Kr-Cl (ml/min)
Anzahl Laborbestimmungen	3	3
Anzahl Patient:innen	3	3
Anzahl Behandlungszyklen	3	3
Mittelwert	58	42
Anzahl Werte zwischen 20 und 50	1	2

In zwei Fällen lag ein Antibiotogramm für den aktuellen Harnwegsinfekt vor. Bei beiden wurde das Antibiotogramm vom Labor als wahrscheinlicher Harnwegsinfekt eingestuft und es lagen keine Resistenzen gegen Levofloxacin vor.

Die Gesamtresistenzrate gegenüber Levofloxacin betrug 19%. Sämtliche *Klebsiella pneumoniae* und *Proteus mirabilis* Isolate waren empfindlich, wohingegen die Resistenzraten von *Escherichia coli* 29% und jene von *Pseudomonas aeruginosa* und *Enterococcus faecalis* jeweils 27% betrug.

Drei Patienten hatten einen Dauerkatheter.

3.3.2.7. Pivmecillinam

Bei zwei Bewohnerinnen war jeweils ein Behandlungszyklus mit Pivmecillinam dokumentiert. Die Dosierung betrug 200 mg, wobei das Dosierintervall einmal zwei mal täglich und einmal drei mal täglich war. Die mittlere Therapiedauer lag bei 5,5 und die maximale bei 6 Tagen (Tabelle 31).

Die deutsche Leitlinie empfiehlt zur Behandlung der Zystitis 2 mal täglich 400 mg, wovon beide Verordnungen abwichen (DGU 2024).

In der Fachinformation ist jedoch zusätzlich zu dem genannten Schema auch eine drei mal tägliche Gabe von 200 mg angeführt und trifft somit auf eine der beiden Verordnungen zu (Fachinformation von Selexid 200 mg, Stand 02/2024). Eine Dosierung von zwei mal täglich 200 mg ist nur bei eingeschränkter Nierenfunktion empfohlen. Ob diese reduzierte Dosis aufgrund einer vermuteten eingeschränkten Nierenfunktion erfolgte, kann nicht beurteilt werden, da für beide Patientinnen keine aktuellen eGFR-Werte dokumentiert waren.

Tabelle 31: Therapie mit Pivmecillinam

Verordnungen gesamt	2
Patient:innen gesamt	2
Männer	0
Frauen	2 (100%)
Dosierung	200 mg
Dosierintervall	1–0–1 1–1–1
durchschnittliche Behandlungsdauer	5,5 Tage
maximale Behandlungsdauer	6 Tage

Die Therapie erfolgte rein empirisch ohne Antibiotogramm.

Die Gesamtresistenzrate betrug 42%, bezogen auf alle als Harnwegsinfekt klassifizierten Antibiotogramme. Bei Erregern mit über 10% an allen Nachweisen lag die Resistenzrate für *Escherichia coli* bei 13%, für *Klebsiella pneumoniae* bei 6% und für *Proteus mirabilis* bei 13%. *Pseudomonas aeruginosa* und *Enterococcus faecalis* sind intrinsisch resistent gegenüber Pivmecillinam (Finch et al. 2003, S. 242).

Beide Personen hatten keinen Dauerkatheter.

3.3.2.8. Fosfomycin

Eine Frau erhielt einen Therapiezyklus mit Fosfomycin. Die Gabe erfolgte auf zwei aufeinanderfolgenden Tagen am Morgen.

Laut Fachinformation wird Fosfomycin bei einer Kreatinin-Clearance von unter 10 ml/min nicht empfohlen (Fachinformation von Monuril 3 g, Stand 06/2021). Eine Bewertung der Therapie in Hinblick auf die Nierenfunktion war jedoch nicht möglich, da kein eGFR-Wert dokumentiert war.

Das vor Therapiestart gemachte Antibiotogramm ergab, dass der nachgewiesene Erreger nicht empfindlich gegenüber Fosfomycin war. Allerdings wurde die Therapie vor Vorliegen des Ergebnisses gestartet.

Die Resistenzrate gegenüber Fosfomycin betrug bei allen Keime, die in den als wahrscheinlicher Harnwegsinfekt klassifizierten Antibiotogrammen erfasst wurden, 50% und unterschied sich deutlich in Abhängigkeit vom jeweils nachgewiesenen Erreger.

So waren alle getesteten Isolate empfindlich gegenüber *Escherichia coli* und die Resistenzrate von *Proteus mirabilis* betrug 13%. Demgegenüber waren Resistenzen bei *Klebsiella pneumoniae* weit verbreitet; 67% aller nachgewiesenen *Klebsiella pneumoniae*-Isolate waren resistent. Zudem kann *Pseudomonas aeruginosa* als intrinsisch resistent angesehen werden und für *Enterococcus faecalis* sind laut EUCAST keine Breakpoints definiert, weswegen ebenfalls als resistent gewertet wurde (EUCAST 2026, S. 38–42, Finch et al. 2003, S.295).

Die Bewohnerin hatte einen Dauerkatheter.

3.3.2.9. Clarithromycin

Bei einer Patientin wurden zeitgleich eine Bronchitis und ein Harnwegsinfekt diagnostiziert. Sie erhielt zunächst einen Tag Amoxicillin/Clavulansäure 875/125 mg und wurde am nächsten Tag auf 500 mg Clarithromycin mit verzögerter Wirkstofffreisetzung einma täglich umgestellt, welches sie für fünf Tage erhielt.

Bei eingeschränkter Nierenfunktion soll die Dosis von Clarithromycin halbiert werden, wenn die Kreatinin-Clearance unter 30 ml/min liegt (Fachinformation von Klacid Uno, Stand 06/2024). Für die Patientin war ein eGFR-Wert von 69 ml/min/1,73 m² dokumentiert. Aufgrund fehlender Angaben zum Körpergewicht konnte die Kreatinin-Clearance nicht berechnet werden.

Eine mikrobiologische Urinuntersuchung wurde nicht vorgenommen.

3.3.3. Beurteilung der antibiotischen Therapie

3.3.3.1. Wirkstoffauswahl, Anwendungsdauer

Da die Diagnose zumeist nur mit dem Überbegriff Harnwegsinfektion gestellt wurde und nicht zwischen komplizierter und unkomplizierter Infektion unterschieden wurde, ist keine differenzierte Analyse der empirischen Therapie der Zystitis hinsichtlich Wirkstoffauswahl und Therapiedauer möglich.

3.3.3.2. Dosierung bei eingeschränkter Nierenfunktion

Für alle verwendeten Arzneistoffe bestehen bei eingeschränkter Nierenfunktion Empfehlungen zur Dosisanpassung bzw. Anwendungsbeschränkungen. Abhängig von der verwendeten Formel zur Bestimmung der Nierenfunktion ergab sich ein leicht verändertes Bild.

Die erste Orientierung liefert meist die normierte eGFR, die in 70 Fällen (63%) der 112 Antibiotikaverordnungen dokumentiert war. Bei diesen 70 Therapiezyklen erwiesen sich in 12 Fällen (17%) die Therapie hinsichtlich Wirkstoffauswahl oder Dosierung als ungeeignet.

Nitrofurantoin war mit 9 Verordnungen am prominentesten vertreten. Die drei weiteren inadäquaten Therapien entfielen auf Trimethoprim/Sulfametrol, das entgegen den Vorgaben

der Fachinformation bei stark eingeschränkter Nierenfunktion verabreicht wurde, sowie auf Levofloxacin, das nicht adäquat dosiert wurde.

Eine detaillierte Auflistung der Evaluation der Therapien an Hand der eGFR, normiert auf 1,73 m² Körperoberfläche, findet sich in Tabelle 32.

Tabelle 32: Evaluation der Therapie bei eingeschränkter Nierenfunktion an Hand der normierten eGFR

	Anzahl Verordnungen	eGFR bestimmt	inadäquate Therapie	
			Anzahl	Prozent*
Nitrofurantoin	67	40	9	23 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	18	11	0	0 %
Trimethoprim	13	10	0	0 %
Ciprofloxacin	4	3	0	0 %
Levofloxacin	4	3	1	33 %
Pivmecillinam	2	0	–	–
Trimethoprim/ Sulfametrol	2	2	2	100 %
Clarithromycin	1	1	0	0 %
Fosfomycin	1	0	–	–
gesamt	112	70	12	17 %

*Anteil an den Antibiotikaverordnungen mit dokumentierter Nierenfunktion

Allerdings ist in der Fachinformation nicht die normierte eGFR zur Dosierung angegeben, sondern entweder die eGFR (Nitrofurantoin) oder die Kreatinin-Clearance (alle übrigen genannten Arzneistoffe). Bei 51 Verordnungen (46%) war es möglich, die entsprechenden Parameter zu berechnen. In elf Fällen (22%) entsprach die Auswahl des Antibiotikums bzw. die Dosierung nicht den Vorgaben der jeweiligen Fachinformation.

Analog zu der auf die Körperoberfläche von 1,73 m² normierten eGFR waren bei den inadäquaten Verordnungen Nitrofurantoin (n=5) am häufigsten betroffen, gefolgt von Trimethoprim/Sulfametrol (n=2) und Levofloxacin (n=2). Zusätzlich gab es eine Verordnung von Ciprofloxacin, bei der die Dosis nicht an die eingeschränkte Nierenfunktion angepasst wurde. Eine detaillierte Auflistung findet sich in Tabelle 33.

Tabelle 33: Evaluation der Therapie bei eingeschränkter Nierenfunktion an Hand der eGFR oder der Kreatinin-Clearance

	Anzahl Verordnungen	eGFR oder Kr-Cl bestimmt	inadäquate Therapie	
			Anzahl	Prozent
Nitrofurantoin	67	26	5	19 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	18	9	0	0 %
Trimethoprim	13	8	1	13 %
Ciprofloxacin	4	3	1	33 %
Levofloxacin	4	3	2	67 %
Pivmecillinam	2	0	–	–
Trimethoprim/ Sulfametrol	2	2	2	100 %
Clarithromycin	1	0	–	–
Fosfomycin	1	0	–	–
gesamt	112	51	11	22 %

3.4. Mikrobiologische Urinuntersuchung

3.4.1. Antibiotogramme: Anzahl, Klassifizierung

Im Beobachtungszeitraum wurden 67 Antibiotogramme gemacht. Dabei konnten bei fünf Antibiotogrammen kein, bei 34 jeweils ein, bei 15 jeweils zwei, bei sieben jeweils drei und bei sechs jeweils vier potenziell uropathogene Erreger nachgewiesen werden.

Ein Problem bei der Interpretation mikrobiologischer Urinuntersuchung ist die Unterscheidung zwischen einer Kontaminationen und echten Mischinfektionen, da es keinen Biomarker zur Erkennung von Kontaminationen gibt (Kouri et al. 2024, S. 1682–1685).

Bei dieser Arbeit wurde der Klassifizierung des Labors gefolgt, und die Antibiotogramme je nach Anzahl und Keimzahl der nachgewiesenen Erreger in wahrscheinlicher, fraglicher oder unwahrscheinlicher Harnwegsinfekt eingeteilt.

Ein Antibiotogramm wurde als unwahrscheinlicher Harnwegsinfekt eingestuft, wenn entweder kein Keimwachstum oder nur eine geringe Keimzahl vorlag (n=4), das Wachstum sich auf

Bakterien beschränkte, die zur physiologischen Standardflora gehören (n=1), oder drei bzw. vier Bakterienstämme ohne entsprechendem Vorbefund nachgewiesen wurden (n=11).

Von den 67 Urinuntersuchungen wurden vom Labor 50 als potenzielle Harnwegsinfekte eingestuft; in 16 Fällen war ein Harnwegsinfekt als unwahrscheinlich angegeben. In einem Fall war aufgrund der niedrigeren Keimzahl von 10^4 (sonst meist 10^7 und vereinzelt 10^6 Keime) und des Wachstums von den zwei uropathogenen Bakterien *Escherichia coli* und *Pseudomonas aeruginosa* ein Harnwegsinfekt fraglich.

Bei zwei Patient:innen zeigte die Urinuntersuchung jeweils vier pathogenen Bakterien; aufgrund des Vorbefundes wurden diese als potenzieller Harnwegsinfekt interpretiert. Daher wurden auch die jeweiligen Vorbefunde, die beide vier Keime aufwiesen und vom Labor nicht als Harnwegsinfekt klassifiziert worden waren, zu den wahrscheinlichen Harnwegsinfekten gerechnet. Insgesamt wurden somit 52 Antibiotogramme als wahrscheinliche und 14 als unwahrscheinliche Infekte gewertet.

Eine Übersicht zur Erregerhäufigkeit sowie zur Einteilung der Antibiotogramme nach Infektwahrscheinlichkeit ist in Tabelle 34 dargestellt.

Tabelle 34: Antibiotogramme: Anzahl uropathogener Erreger und Einteilung nach Harnwegsinfektwahrscheinlichkeit

Antibiotogramme	Anzahl	Prozent
gesamt	67	
0 uropathogener Erreger	5	7 %
1 uropathogener Erreger	34	51 %
2 uropathogene Erreger	15	22 %
3 uropathogene Erreger	7	10 %
4 uropathogene Erreger	6	9 %
Harnwegsinfekt wahrscheinlich	52	78 %
Harnwegsinfekt fraglich	1	1 %
Harnwegsinfekt unwahrscheinlich	14	21 %

3.4.2. Zielgerichtete Therapie

In insgesamt 71 Fällen konnte für die Auswahl des Antibiotikums ein Antibiogramm in die Entscheidungsfindung miteingeschlossen werden. Diese Zahl liegt über der Anzahl der durchgeführten Antibiogramme (n=67), da es in Einzelfällen zu Therapieumstellungen kam und somit das Antibiogramm zur Evaluation aller im Behandlungszyklus eingesetzten Antibiotika verwendet wurde.

In 31 Fällen (44%) entsprach die Antibiotikawahl der im Antibiogramm ermittelten Resistenzlage. Zwölf mal (17%) wurde ein Antibiotikum eingesetzt, gegenüber dem der bzw. die nachgewiesenen Erreger keine Empfindlichkeit aufwiesen. In weiteren 16 Fällen (23%) war bei Mehrfachinfektionen das verwendete Antibiotikum gegen mindestens einen aber nicht gegen alle identifizierten Erreger wirksam.

Zu einer Therapieumstellung nach Erhalt des Antibiogrammes kam es in neun Fällen (13%).

In zwölf Fällen (17%) wurde trotz Erregernachweis von einer antibiotischen Therapie abgesehen. Zehn mal davon war ein Harnwegsinfekt als wahrscheinlich, zwei mal als unwahrscheinlich angegeben.

Jene fünf Fälle, bei denen kein uropathogener Erreger nachgewiesen wurde, wurden in dieser Analyse nicht berücksichtigt. Davon wurde in vier Fällen das Antibiogramm unter laufender Therapie oder unmittelbar nach deren Beendigung gemacht.

Eine Übersicht über die Therapie der Harnwegsinfekte auf Grundlage der mikrobiologischen Urinuntersuchungen ist in Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 35: Zielgerichtete Therapie

Antibiogramme	Anzahl	Prozent
Therapiezyklen, für die ein Antibogramm zur Verfügung stand	71	100 %
- Therapie entspricht Antibogramm	31	44 %
- ein Teil der Erreger resistent gegen das verwendete Antibiotikum	16	23 %
- Erreger resistent	12	17 %
- nicht therapiert	12	17 %
davon Harnwegsinfekt wahrscheinlich	10	14 %
davon Harnwegsinfekt unwahrscheinlich	2	3 %
Therapieumstellungen nach Antibogramm	9	13 %
kein Erregerwachstum	5	—

3.4.3. Analyse der als wahrscheinlicher Harnwegsinfekt klassifizierten

Antibiogramme

3.4.3.1. Analyse nach Erregerart und Häufigkeit

Im nachfolgenden Abschnitt werden Antibiotogramme diskutiert, die als wahrscheinlicher (n=52) bzw. fraglicher (n=1) Harnwegsinfekt klassifiziert wurden. Im Anschluss (Punkt 3.4.4.) werden alle Antibiotogramme, unabhängig davon, ob sie als Harnwegsinfekt klassifiziert wurden oder nicht, betrachtet.

Von den 53 analysierten Antibiotogrammen wiesen 34 jeweils einen und 15 jeweils zwei Erreger auf. In keiner mikrobiologischen Urinuntersuchung wurden drei Keime nachgewiesen, während bei insgesamt vier Antibiotogrammen jeweils vier Erreger identifiziert wurden (Tabelle 36).

Tabelle 36: Häufigkeit der Erregernachweise pro Antibiotogramm

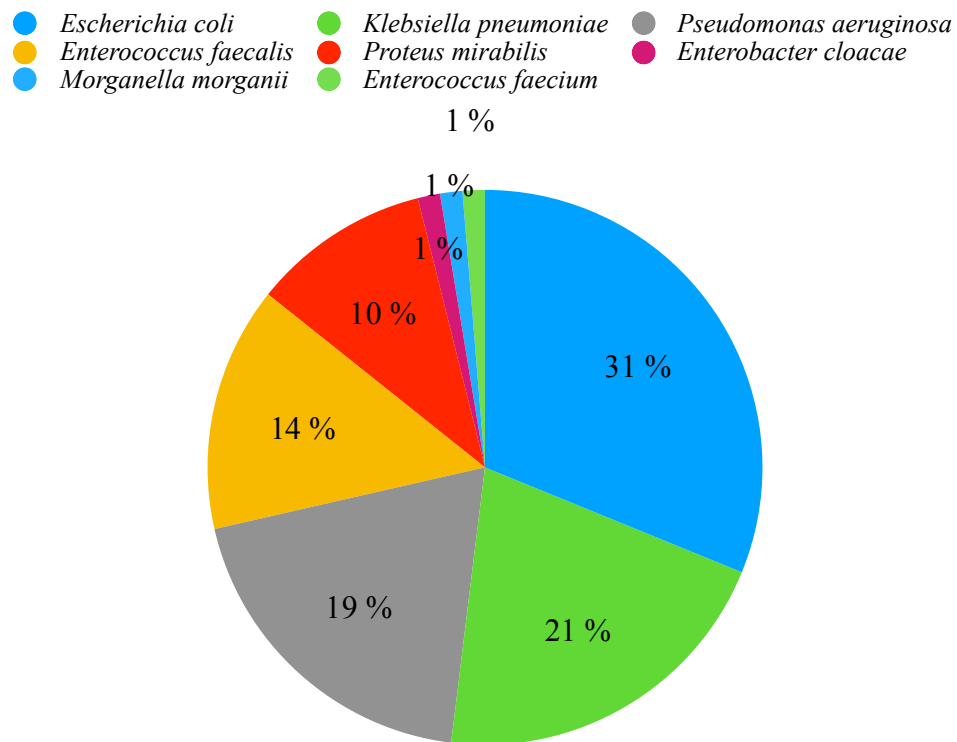
	Anzahl Antibiotogramme	Prozent Antibiotogramme
1 Erreger	34	64 %
2 Erreger	15	28 %
3 Erreger	0	0 %
4 Erreger	4	8 %

Die am häufigsten nachgewiesenen Keime waren *Escherichia coli* (n=24), gefolgt von *Klebsiella pneumoniae* (n=16) und *Pseudomonas aeruginosa* (n=15). Tabelle 37 und Abbildung 3 geben einen detaillierten Überblick über die Art und Häufigkeit der nachgewiesenen uropathogenen Erreger.

Tabelle 37: Art und Häufigkeit der nachgewiesenen Erreger

	Anzahl Erreger	Prozent Erreger
<i>Escherichia coli</i>	24	31 %
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	16	21 %
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	15	19 %
<i>Enterococcus faecalis</i>	11	14 %
<i>Proteus mirabilis</i>	8	10 %
<i>Enterobacter cloacae</i>	1	1 %
<i>Morganella morganii</i>	1	1 %
<i>Enterococcus faecium</i>	1	1 %

Abbildung 3: Art und Häufigkeit der nachgewiesenen Erreger



Anteil der jeweiligen Erreger an der Gesamtheit der nachgewiesenen uropathogenen Erreger. Es wurden nur Antibiogramme berücksichtigt, bei denen ein Harnwegsinfekt als wahrscheinlich angesehen wurde.

3.4.3.2. Resistenzraten der nachgewiesenen Erreger

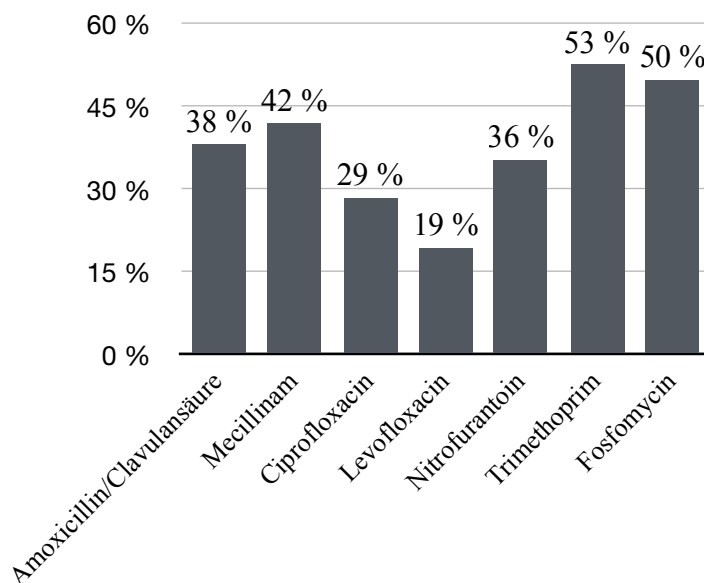
3.4.3.2.1. Gesamtübersicht der Resistenzraten aller Erreger

Von den eingesetzten Antibiotika zeigten die beiden Fluorochinolone Levofloxacin (19%) und Ciprofloxacin (29%) die niedrigsten Gesamtresistenzraten. Unter den für die empirischen Therapie empfohlenen Substanzen wies Nitrofurantoin die geringste Resistenzrate (36%) auf, gefolgt von Mecillinam (42%), Fosfomycin (50%) und Trimethoprim (53%). Eine Übersicht findet sich in Tabelle 38 und Abbildung 4. Die zur empirischen Therapie der unkomplizierten Zystitis empfohlenen Substanzen sind fett hervorgehoben.

Tabelle 38: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika

	Absolut	Prozent
Amoxicillin/ Clavulansäure	29	38 %
Mecillinam	32	42 %
Ciprofloxacin	22	29 %
Levofloxacin	15	19 %
Nitrofurantoin	27	36 %
Trimethoprim	40	53 %
Fosfomycin	38	50 %

Abbildung 4: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika



Resistenzraten für alle zur Therapie der Harnwegsinfekte verwendeten Antibiotika. Es wurden nur jene Antibiotikogramme berücksichtigt, bei denen ein Harnwegsinfekt als wahrscheinlich galt. Nicht getestete Substanzen wurden als resistent angenommen.

3.4.3.2.2. Resistenzraten nach Erreger

3.4.3.2.2.1. *Escherichia coli*

Escherichia coli wurde in 24 Antibiogrammen nachgewiesen. Unter den für die empirische Therapie der unkomplizierten Zystitis empfohlenen Antibiotika wurde nur gegenüber Fosfomycin keine Resistenzen festgestellt. Ebenfalls niedrige Resistenzraten gab es gegenüber Nitrofurantoin (4%) gefolgt von Mecillinam (13%) und Trimethoprim (38%). Jeweils 29% der Isolate waren gegenüber Ciprofloxacin und Levofloxacin resistent und 33% gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure. Eine Übersicht liefert Tabelle 39.

Tabelle 39: Resistenzraten gegenüber *Escherichia coli*

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	5	21 %
Ampicillin	15	63 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	8	33 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	8	33 %
Mecillinam	3	13 %
Cefuroxim	3	13 %
Cefotaxim	3	13 %
Cefixim	3	13 %
Cefpodoxim	3	13 %
Cefalexin	3	13 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	7	29 %
Levofloxacin	7	29 %
Nitrofurantoin	1	4 %
Trimethoprim	9	38 %
Fosfomycin	0	0 %

3.4.3.2.2.2. *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae wurde in 16 Antibiotogrammen nachgewiesen. Die Resistenzraten waren vergleichsweise gering, mit Mecillinam bei 6% sowie Nitrofurantoin und Trimethoprim jeweils bei 13%. Dagegen war die Resistenzrate gegenüber Fosfomycin mit 69% deutlich erhöht. Alle Isolate waren empfindlich gegenüber Ciprofloxacin und Levofloxacin, während 19% gegen Amoxicillin/Clavulansäure resistent waren (Tabelle 40).

Tabelle 40: Resistenzraten gegenüber *Klebsiella pneumoniae*

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	3	19 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	3	19 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	4	25 %
Mecillinam	1	6 %
Cefuroxim	0	0 %
Cefotaxim	0	0 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Cefalexin	0	0 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	0	0 %
Levofloxacin	0	0 %
Nitrofurantoin	2	13 %
Trimethoprim	2	13 %
Fosfomycin	11	69 %

3.4.3.2.2.3. *Pseudomonas aeruginosa*

In 15 Urinkulturen konnte *Pseudomonas aeruginosa* nachgewiesen werden. Das Bakterium nimmt eine gewisse Sonderstellung ein, da es sowohl gegenüber Penicillinen als auch Nitrofurantoin, Trimethoprim und Fosfomycin intrinsisch resistent ist (Finch et al. 2023, S. 242, 287, 295, 329). Darüber hinaus waren 20% der Isolate auch gegenüber Ciprofloxacin und 27% gegenüber Levofloxacin resistent (Tabelle 41).

Tabelle 41: Resistenzraten gegenüber *Pseudomonas aeruginosa*

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	2	13 %
Ceftazidim	3	20 %
Cefepim	2	13 %
Meropenem	1	7 %
Aztreonam	0	0 %
Ciprofloxacin	3	20 %
Levofloxacin	4	27 %
Amikacin	2	13 %
Gentamycin	3	20 %

3.4.3.2.2.4. *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis wurde in 11 Fällen nachgewiesen. Unter den laut Leitlinie zur empirischen Therapie empfohlenen Substanzen wurde nur Nitrofurantoin getestet, gegenüber dem keine Resistenz vorlag. Mecillinam ist intrinsisch resistent (Finch et al., S. 242), für Fosfomycin (oral) sind laut EUCAST keine Breakpoints definiert, und bei Trimethoprim ist die Aktivität ungewiss, sodass das klinische Outcome nicht vorhergesagt werden kann (EUCAST 2026, S. 38–42); daher wurde es ebenfalls nicht getestet.

Alle Isolate waren empfindlich gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure, wohingegen die Resistenzrate bei Levofloxacin 27% betrug (Tabelle 42). Ciprofloxacin wurde vermutlich aufgrund der bekannten geringen Aktivität von Fluorochinolonen gegen *Enterococcus faecalis* nicht getestet (García-Solache & Rice 2019, Lee 2013).

Tabelle 42: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecalis*

	Absolut	Prozent
Amoxicillin/ Clavulansäure	0	0 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	0	0 %
Levofloxacin	3	27 %
Vancomycin	0	0 %
Linezolid	0	0 %
Nitrofurantoin	0	0 %

3.4.2.2.5. *Proteus mirabilis*

In acht Antibiotogrammen wurde *Proteus mirabilis* nachgewiesen. Jeweils ein Isolat (13%) war resistent gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure, Mecillinam, Trimethoprim bzw. Fosfomycin. Nitrofurantoin wurde aufgrund der intrinsischen Resistenz nicht getestet (Finch et al., S. 329). Keine Resistenzen wurden gegenüber Ciprofloxacin und Levofloxacin festgestellt (Tabelle 43).

Tabelle 43: Resistenzraten gegenüber *Proteus mirabilis*

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	0	0 %
Ampicillin	4	50 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	1	13 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	1	13 %
Mecillinam	1	13 %
Cefuroxim	0	0 %
Cefotaxim	0	0 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Cefalexin	1	13 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	0	0 %
Levofloxacin	0	0 %
Trimethoprim	1	13 %
Fosfomycin	1	13 %

3.4.2.2.6. *Enterobacter cloacae*

In einer Urinkultur wurde *Enterobacter cloacae* nachgewiesen. Das Isolat war empfindlich gegenüber Nitrofurantoin und Fosfomycin, wohingegen es gegenüber Mecillinam und Trimethoprim resistent war. Ciprofloxacin und Levofloxacin waren ebenfalls empfindlich (Tabelle 44). Amoxicillin/Clavulansäure wurde nicht getestet, da die Kombination als intrinsisch resistent gilt (Guérin et al. 2015, Leclercq et al. 2013).

Tabelle 44: Resistenzraten gegenüber *Enterobacter cloacae*

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	0	0 %
Mecillinam	1	100 %
Cefuroxim	0	0 %
Cefotaxim	1	100 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	0	0 %
Levofloxacin	0	0 %
Nitrofurantoin	0	0 %
Trimethoprim	1	100 %
Fosfomycin	0	0 %

3.4.2.2.7. *Morganella morganii*

Ebenfalls einmal wurde *Morganella morganii* nachgewiesen. Das Isolat war empfindlich gegenüber Mecillinam und Fosfomycin, zeigte jedoch Resistenz gegenüber Trimethoprim.

Nitrofurantoin ist bei *Morganella morganii* meist unwirksam und wurde wahrscheinlich deshalb nicht getestet (Leclercq et al. 2013, Shakti & Veeraraghavan 2015), was auch auf Amoxicillin/Clavulansäure zutrifft (Leclercq et al. 2013, Stock & Wiedemann 1998). Demgegenüber zeigten sich Ciprofloxacin und Levofloxacin empfindlich gegenüber dem Isolat (Tabelle 45).

Tabelle 45: Resistenzraten gegenüber *Morganella morganii*

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	0	0 %
Mecillinam	0	0 %
Cefotaxim	0	0 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	0	0 %
Levofloxacin	0	0 %
Trimethoprim	1	100 %
Fosfomycin	0	0 %

3.4.2.2.8. *Enterococcus faecium*

In einer Urinkultur wurde *Enterococcus faecium* nachgewiesen. Das Isolat war resistent gegenüber Nitrofurantoin und Levofloxacin (Tabelle 46).

Mecillinam und Amoxicillin/Clavulansäure wurden vermutlich aufgrund der meist hohen Resistenzraten bei Penicillinen nicht getestet (Finch et al. 2003, S. 226), was wahrscheinlich auch auf die Fluorochinolone zutrifft (Werner et al. 2010).

Analog zu *Enterococcus faecalis* ist auch für *Enterococcus faecium* für Fosfomycin (oral) kein Breakpoint definiert und das klinische Ansprechen auf Trimethoprim ist ungewiss (EUCAST 2026, 38–42); daher wurden diese Substanzen ebenfalls nicht getestet.

Tabelle 46: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecium*

	Resistent	% Resistent
Levofloxacin	1	100 %
Vancomycin	0	0 %
Linezolid	0	0 %
Nitrofurantoin	1	100 %

3.4.4. Analyse aller Antibiotogramme

3.4.4.1. Analyse nach Erregerart und Häufigkeit

Im nachfolgenden Abschnitt werden alle 62 Antibiotogramme behandelt, bei denen ein Keimwachstum mit potenziell uropathogenen Keimen festgestellt werden konnte, unabhängig davon, ob ein Harnwegsinfekt als wahrscheinlich angenommen wurde oder nicht.

Der häufigste nachgewiesene Erreger war *Escherichia coli* (26%) , gefolgt von *Pseudomonas aeruginosa* (21%) und *Klebsiella pneumoniae* (19%). Betrachtete man nur die primären Erreger, blieb *Escherichia coli* mit 35% führend, während *Klebsiella pneumoniae* bei 26% der Antibiotogramme und *Pseudomonas aeruginosa* bei 15% der Antibiotogramme als primärer Erreger identifiziert wurden (Tabelle 47 und Abbildung 5).

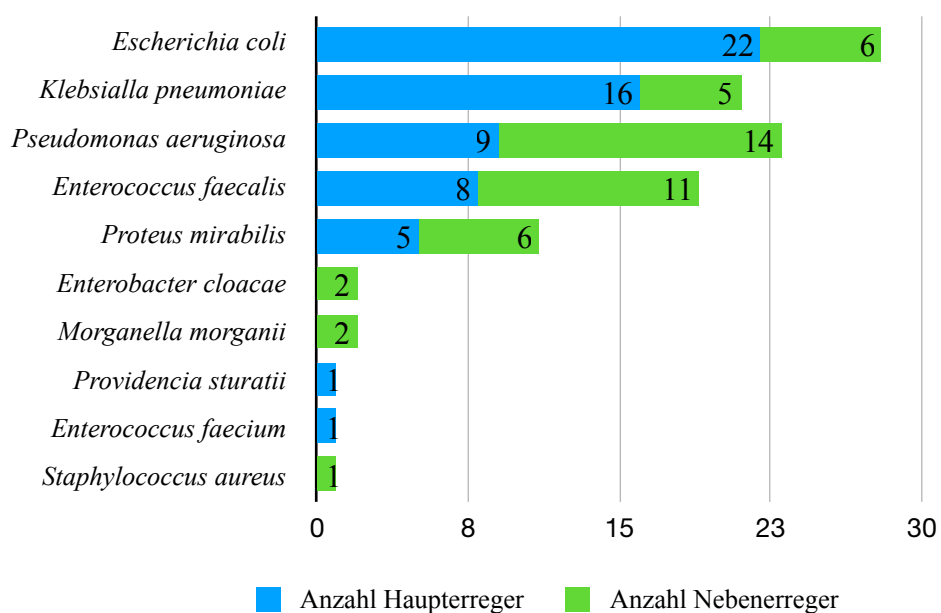
Tabelle 47: Erregernachweise gesamt, primäre und sekundäre Erreger

	gesamt		primäre Erreger		sekundärer Erreger	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent*	Anzahl	Prozent**
<i>Escherichia coli</i>	28	26 %	22	35 %	6	13 %
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	21	19 %	16	26 %	5	11 %
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23	21 %	9	15 %	14	30 %
<i>Enterococcus faecalis</i>	19	17 %	8	13 %	11	23 %
<i>Proteus mirabilis</i>	11	10 %	5	8 %	6	13 %
<i>Morganella morganii</i>	2	2 %	0	0 %	2	4 %
<i>Providencia stuartii</i>	2	2 %	0	0 %	2	4 %
<i>Enterococcus faecium</i>	1	1 %	1	2 %	0	0 %
<i>Enterobacter cloacae</i>	1	1 %	1	2 %	0	0 %
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1 %	0	0 %	1	2 %

*Prozent aller Haupterreger

**Prozent aller Nebenerreger

Abbildung 5: Anzahl der Erregernachweise nach primären und sekundären Erregern



Anzahl der jeweiligen Erregernachweise nach Haupterreger (blau) und Nebenerreger (grün).

3.4.4.2. Resistenzraten der nachgewiesenen Erreger (alle Antibiogramme)

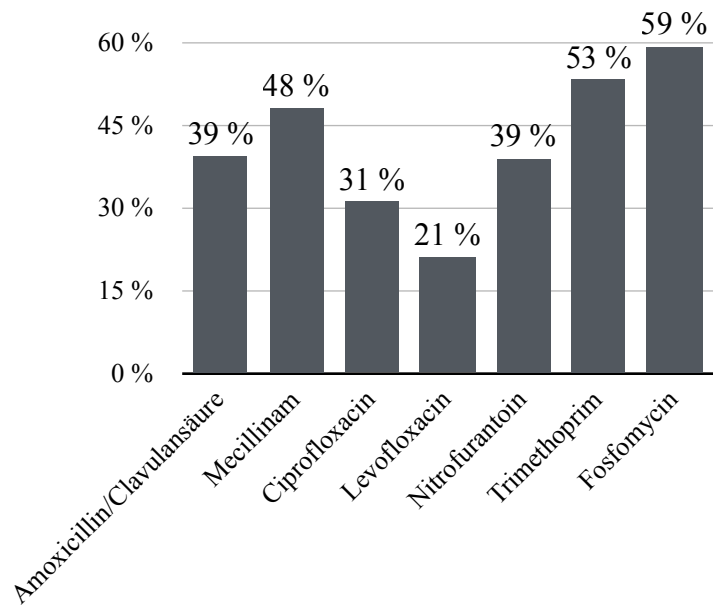
3.4.4.2.1. Gesamtübersicht der Resistenzraten aller Erreger (alle Antibiogramme)

Die Resistenzraten waren allgemein sehr hoch. Von den zur empirischen Therapie empfohlenen Substanzen war die Resistenz gegenüber Nitrofurantoin (39%) am geringsten, gefolgt von Mecillinam (48%), Trimethoprim (53%) und Fosfomycin (59%). Die ebenfalls verwendeten Antibiotika Levofloxacin, Ciprofloxacin und Amoxicillin/Clavulansäure zeigten geringere Resistenzen von 21%, 31% bzw. 39%. Eine Übersicht über die Resistenzraten findet sich in Tabelle 48 und Abbildung 6.

Tabelle 48: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika (alle Antibiogramme)

	Absolut	Prozent
Amoxicillin/ Clavulansäure	43	39 %
Mecillinam	52	48 %
Ciprofloxacin	34	31 %
Levofloxacin	23	21 %
Nitrofurantoin	42	39 %
Trimethoprim	58	53 %
Fosfomycin	64	59 %

Abbildung 6: Gesamtresistenzraten der zur Therapie eingesetzten Antibiotika (alle Antibiogramme)



Resistenzraten für alle zur Therapie der Harnwegsinfekte verwendeten Antibiotika. Die Daten stammen von allen im Beobachtungszeitraum gemachten Antibiogrammen, bei denen ein uropathogener Keim nachgewiesen wurde. Nicht getestete Substanzen wurden als resistent angenommen.

3.4.4.2.2. Resistenzraten nach Erreger

3.4.4.2.2.1. *Escherichia coli* (alle Antibiogramme)

Escherichia coli wurde in 28 Fällen nachgewiesen. Die Resistenzrate lag bei Nitrofurantoin und Fosfomycin bei 4% und bei Mecillinam bei 11 % und somit unter den für die empirische Therapie empfohlenen 20%. Bei Trimethoprim überschritt die Resistenzrate mit 32% diese Grenze. Die Resistenzraten der übrigen ebenfalls eingesetzten Antibiotika lagen ebenfalls über 20%: Ciprofloxacin und Levofloxacin jeweils 25% und Amoxicillin/Clavulansäure 29% (Tabelle 49).

Tabelle 49: Resistenzraten gegenüber *Escherichia coli* (alle Antibiogramme)

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	5	18 %
Ampicillin	16	57 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	8	29 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	8	29 %
Mecillinam	3	11 %
Cefuroxim	3	11 %
Cefotaxim	3	11 %
Cefixim	3	11 %
Cefpodoxim	3	11 %
Cefalexin	3	11 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	7	25 %
Levofloxacin	7	25 %
Nitrofurantoin	1	4 %
Trimethoprim	9	32 %
Fosfomycin	1	4 %

3.4.4.2.2.2. *Klebsiella pneumoniae* (alle Antibiogramme)

In 21 Proben wurde *Klebsiella pneumoniae* nachgewiesen. Die Resistenzrate war nur gegenüber Fosfomycin mit 76% vergleichsweise hoch. Dagegen betrug sie gegenüber Mecillinam, Nitrofurantoin und Trimethoprim lediglich 10%. Alle getesteten Isolate waren gegenüber Ciprofloxacin und Levofloxacin empfindlich, während die Resistenzrate gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure bei 24% lag (Tabelle 50).

Tabelle 50: Resistenzraten gegenüber *Klebsiella pneumoniae* (alle Antibiogramme)

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	4	19 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	5	24 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	6	29 %
Mecillinam	2	10 %
Cefuroxim	0	0 %
Cefotaxim	0	0 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Cefalexin	0	0 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	0	0 %
Levofloxacin	0	0 %
Nitrofurantoin	2	10 %
Trimethoprim	2	10 %
Fosfomycin	16	76 %

3.4.4.2.2.3. *Pseudomonas aeruginosa* (alle Antibiogramme)

Pseudomonas aeruginosa wurde 23 mal nachgewiesen. Ciprofloxacin hatte eine Resistenzrate von 17% und Levofloxacin von 26% (Tabelle 51).

Tabelle 51: Resistenzraten gegenüber *Pseudomonas aeruginosa* (alle Antibiogramme)

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	2	9 %
Ceftazidim	5	22 %
Cefepim	2	9 %
Meropenem	1	4 %
Aztreonam	0	0 %
Ciprofloxacin	4	17 %
Levofloxacin	6	26 %
Amikacin	2	9 %
Gentamycin	4	17 %

3.4.4.2.2.4. *Enterococcus faecalis* (alle Antibiogramme)

Alle 19 getesteten Isolate waren empfindlich gegenüber Nitrofurantoin. Keine Resistenzen wurden bei Amoxicillin/Clavulansäure festgestellt, wohingegen die Resistenzrate bei Levofloxacin 32% betrug (Tabelle 52).

Tabelle 52: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecalis* (alle Antibiogramme)

	Absolut	Prozent
Amoxicillin/ Clavulansäure	0	0 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	0	0 %
Levofloxacin	6	32 %
Vancomycin	0	0 %
Linezolid	0	0 %
Nitrofurantoin	0	0 %

3.4.4.2.2.5. *Proteus mirabilis* (alle Antibiotogramme)

Proteus mirabilis wurde in 11 Fällen nachgewiesen. Die Resistenzrate gegen Mecillinam lag bei 9%, jene gegen Trimethoprim und Fosfomycin jeweils bei 18%. Bei Amoxicillin/Clavulansäure, Ciprofloxacin und Levofloxacin betrug die Resistenzrate jeweils 9% (Tabelle 53).

Tabelle 53: Resistenzraten gegenüber *Proteus mirabilis* (alle Antibiotogramme)

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	0	0 %
Ampicillin	4	36 %
Amoxicillin/ Clavulansäure	1	9 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	1	9 %
Mecillinam	1	9 %
Cefuroxim	0	0 %
Cefotaxim	0	0 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Cefalexin	1	9 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	1	9 %
Levofloxacin	1	9 %
Trimethoprim	2	18 %
Fosfomycin	2	18 %

3.4.4.2.2.6. *Morganella morganii* (alle Antibiotogramme)

Morganella morganii wurde zweimal nachgewiesen. Jeweils ein Isolat war gegen Mecillinam, Trimethoprim und Fosfomycin resistent (Tabelle 54).

Tabelle 54: Resistenzraten gegenüber *Morganella morganii* (alle Antibiotogramme)

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	0	0 %
Mecillinam	1	50 %
Cefotaxim	0	0 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	0	0 %
Levofloxacin	0	0 %
Trimethoprim	1	50 %
Fosfomycin	1	50 %

3.4.4.2.2.7. *Providencia stuartii* (alle Antibiotogramme)

Providencia stuartii wurde ebenfalls zweimal nachgewiesen. Beide Isolate waren empfindlich gegenüber Trimethoprim und jeweils eines gegenüber Mecillinam, Fosfomycin, Ciprofloxacin und Levofloxacin (Tabelle 55). Da Nitrofurantoin und Amoxicillin/Clavulansäure als resistent gelten (Leclercq et al. 2013), wurden diese Substanzen nicht getestet.

Tabelle 55: Resistenzraten gegenüber *Providencia stuartii* (alle Antibiotogramme)

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	0	0 %
Mecillinam	1	50 %
Cefuroxim	0	0 %
Cefotaxim	0	0 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	1	50 %
Levofloxacin	1	50 %
Trimethoprim	0	0 %
Fosfomycin	1	50 %

3.4.4.2.2.8. *Enterobacter cloacae* (alle Antibiotogramme)

Enterobacter cloacae wurde einmal nachgewiesen. Das Isolat war empfindlich gegenüber Fosfomycin, Nitrofurantoin, Ciprofloxacin und Levofloxacin und resistent gegenüber Mecillinam und Trimethoprim (Tabelle 56). Amoxicillin/Clavulansäure gilt als resistent (Leclercq et al. 2013), weshalb diese Wirkstoffkombination nicht getestet wurde.

Tabelle 56: Resistenzraten gegenüber *Enterobacter cloacae* (alle Antibiotogramme)

	Absolut	Prozent
Piperacillin/ Tazobactam	0	0 %
Mecillinam	1	100 %
Cefuroxim	0	0 %
Cefotaxim	1	100 %
Cefixim	0	0 %
Cefpodoxim	0	0 %
Meropenem	0	0 %
Ciprofloxacin	0	0 %
Levofloxacin	0	0 %
Nitrofurantoin	0	0 %
Trimethoprim	1	100 %
Fosfomycin	0	0 %

3.4.4.2.2.9. *Staphylococcus aureus* (alle Antibiotogramme)

Ebenfalls einmal wurde *Staphylococcus aureus* nachgewiesen. Das Isolat war empfindlich gegenüber Nitrofurantoin, Trimethoprim und Amoxicillin/Clavulansäure, während es gegenüber Ciprofloxacin und Levofloxacin resistent war (Tabelle 57).

Für Mecillinam und Fosfomycin (oral) sind keine Breakpoints angegeben (EUCAST 2026, S. 31–39), weshalb die beiden Substanzen nicht getestet wurden.

Tabelle 57: Resistenzraten gegenüber *Staphylococcus aureus* (alle Antibiotogramme).

	Absout	Prozent
Amoxicillin/ Clavulansäure	0	0 %
Aminopenicilline/ Sulbactam	0	0 %
Cefoxitin	0	0 %
Ciprofloxacin	1	100 %
Levofloxacin	1	100 %
Amikacin	0	0 %
Fusidinsäure	0	0 %
Tetrazyclin	0	0 %
Doxyzyclin	0	0 %
Rifampicin	0	0 %
Nitrofurantoin	0	0 %
Trimethoprim	0	0 %

3.4.2.2.10. *Enterococcus faecium* (alle Antibogramme)

Enterococcus faecium wurde einmal nachgewiesen. Das Isolat war resistent gegenüber Nitrofurantoin und Levofloxacin (Tabelle 58).

Tabelle 58: Resistenzraten gegenüber *Enterococcus faecium* (alle Antibogramme)

	Resistent	% Resistent
Levofloxacin	1	100 %
Vancomycin	0	0 %
Linezolid	0	0 %
Nitrofurantoin	1	100 %

4. Diskussion

4.1. Beurteilung der Therapie der unkomplizierten Zystitis

Für Österreich existieren bislang nur wenige Publikationen zur Behandlung von Harnwegsinfektionen in Langzeitpflegeeinrichtungen. So liegen mehrere Veröffentlichungen von König et al. vor, in denen die Rate an Gesundheitssystem-assoziierten Infektionen, die verwendeten Antibiotika sowie die Auswirkungen eines Antimicrobial-Stewardship-Programms beschrieben werden (König et al. 2021, 2024, 2025). Nach aktuellem Kenntnisstand stellt die vorliegende Arbeit jedoch eine der ersten Analysen dar, die die Therapie der unkomplizierten Zystitis in einem Altenwohn- und Pflegeheim in Österreich anhand internationaler Leitlinien untersucht.

Im analysierten Altenwohn- und Pflegeheim wurde bei der Diagnose, wie in der Praxis oft üblich, nur der übergeordnete Begriff Harnwegsinfektion verwendet. Dieser umfasst ein breites Spektrum von klinisch mild ausgeprägten Symptomen, wie sie bei einer akuten, unkomplizierten Zystitis vorherrschend sind, bis hin zu einer Pyelonephritis oder einer potenziell lebensbedrohlichen Urosepsis. Da im Altenwohn- und Pflegeheim keine schweren Infektionen behandelt und keine intravenös zu verabreichenden Antibiotika gegeben werden, kann man davon ausgehen, dass die als Harnwegsinfekt diagnostizierten Erkrankungen im Regelfall Zystitiden waren. Ausnahmen stellen etwa Weiterverordnungen nach stationären Aufenthalten dar.

Eine zuverlässige Unterscheidung zwischen komplizierter und unkomplizierter Zystitis ist aber auf dieser Datengrundlage nicht möglich. Es ist jedoch davon auszugehen, dass komplizierte Zystitiden einen nicht zu vernachlässigenden Anteil ausmachten, da bei 13 Bewohnern ein Dauerkatheter in der Patientenkartei dokumentiert war. Angaben zu Beginn und Dauer lagen jedoch nicht durchgängig vor.

Auch das Erregerspektrum spricht dafür, dass nicht nur unkomplizierte Zystitiden behandelt wurden. So wurden neben den typischen Erregern von unkomplizierten Harnwegsinfekten (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* und – vor allem bei Mischinfektionen – Enterokokken) auch *Pseudomonas aeruginosa* nachgewiesen, der mit 19% der dritthäufigste Keim war. Demgegenüber wurde *Staphylococcus saprophyticus* – ein ebenfalls häufiger Auslöser für unkomplizierte Harnwegsinfekte – in keiner Probe nachgewiesen (DGU 2024).

Typische Bakterien bei katheterassoziierten Harnwegsinfekten sind *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella* spp. und *Enterococcus* spp. (Nicolle 2014, Swissnoso 2024), was sich gut mit den in dieser Arbeit gefundenen Keimen deckt.

Zudem kann in Altenwohn- und Pflegeheimen mit einem leicht veränderten Erregermuster gerechnet werden. So zeigt eine internationale Studie aus den USA mit 243 Pflegeheimen ein ähnliches Erregerspektrum, wenn auch in einer leicht anderen Gewichtung als in dem hier untersuchten Kollektiv (Eure et al. 2021).

Neben der Unsicherheit in der exakten Diagnose ist bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen, dass kein Zugriff auf alle Patientenkarteien bestand, wodurch eine umfassende Analyse zusätzlich eingeschränkt war. Folglich kann die Wirkstoffauswahl nur mit Vorbehalt anhand der geltenden Leitlinien beurteilt werden.

Dennoch lassen sich vor diesem Hintergrund einzelne Aspekte diskutieren. Auffallend ist die häufige Verordnung von Nitrofurantoin, das mit 60% den größten Anteil der eingesetzten Antibiotika für Harnwegsinfekte ausmacht. Dabei ist zu bedenken, dass die Zuordnung zur Indikation zu Verzerrungen in der Häufigkeit der eingesetzten Antibiotika geführt hat. So wurden nur bei Nitrofurantoin und Pivmecillinam alle Verschreibungen den Harnwegsinfekten zugerechnet, unabhängig davon, ob eine Diagnose hinterlegt war oder nicht. Demgegenüber entfielen auf die drei weiteren ebenfalls zur empirischen Therapie empfohlenen Antibiotika Trimethoprim, Pivmecillinam und Fosfomycin nur 12%, 2% bzw. 1%.

Die eher zurückhaltende Verschreibung von Trimethoprim kann durch die hohe Resistenzrate insbesondere von *Escherichia coli* bedingt sein, die mit 38% deutlich über der für die empirische Therapie empfohlenen Grenze von 20% lag (DGU 2024). Auch wenn man davon ausgehen kann, dass ein substanzieller Anteil der Antibiotikogramme nicht aufgrund unkomplizierter Zystitiden gemacht wurde, spricht die hohe Resistenzrate gegen eine breite Anwendung in diesem Patientenkollektiv.

Fosfomycin zeigte ein interessantes Resistenzmuster. So gab es keine resistenten *Escherichia coli*-Isolate, wohingegen die Resistenzrate von *Klebsiella pneumoniae*, dem zweithäufigsten Erreger, 69% betrug. Gründe gegen einen Einsatz von Fosfomycin können neben der hohen

Resistenzrate von *Klebsiella pneumoniae* die fehlenden Daten für die Anwendung bei Männern sowie die möglicherweise geringe Effektivität bei der Behandlung der Zystitis im Vergleich zu mit anderen Antibiotika wie zum Beispiel Nitrofurantoin sein (Huttner et al., 2018).

Nitrofurantoin zeichnet sich nicht nur durch eine gute Effektivität sondern auch durch eine vergleichsweise niedrige Gesamtresistenzrate aus, die nur bei den beiden Fluorochinolonen niedriger war. Besonders niedrig waren die Resistenzraten der beiden am häufigsten nachgewiesenen Erreger *Escherichia coli* und *Klebsiella pneumoniae* mit 4% bzw. 13%. Jedoch ist zu bedenken, dass die beiden Keime *Proteus mirabilis* und *Pseudomonas aeruginosa*, die gemeinsam etwa ein Drittel der Nachweis ausmachten, intrinsisch resistent sind. Daher sollte bei Verdacht auf eine Infektion mit diesen Bakterien Nitrofurantoin nicht eingesetzt werden.

Internationale Leitlinien empfehlen Nitrofurantoin als Erstlinientherapie der unkomplizierten Zystitis bei Frauen. Demgegenüber ist die Anwendung bei Männern off-Label und wird wegen der fehlenden Prostatapenetration uneinheitlich bewertet. Zusätzlich zur unkomplizierten Zystitis stellt es eine Therapieoption bei der katheterassoziierten Zystitis dar (DGU 2024, EAU 2025, S. 15–21, NICE 2018a, NICE 2018b).

Nachteilig ist die Anwendungsbeschränkung bei Niereninsuffizienz. Während sowohl in der Fachinformation als auch in der deutschen Leitlinie eine eGFR unter 45 ml/min als Kontraindikation angegeben ist, sprechen sich die EAU und die American Geriatric Society gegen die Anwendung von Nitrofurantoin aus, wenn die normierte eGFR bzw. die Kreatinin-Clearance unter 30 ml/min/1,73 m² (bzw. ml/min) liegt (By the 2023 American Geriatrics Society Beers Criteria® Update Expert Panel 2023, DGU 2024, EAU 2025, S. 15–21, Fachinformation von Furadantin, Stand 09/2025).

Die Beurteilung der EAU beruht auf den Ergebnissen einer retrospektiven Studie an 21 317 Frauen, die wegen eines Harnwegsinfektes mit Nitrofurantoin behandelt wurden. Eine moderat eingeschränkte Nierenfunktion (30–50 ml/min/1,73 m²) war dabei nicht mit einer statistisch signifikant verminderten Wirksamkeit assoziiert, jedoch mit einer erhöhten Rate an schweren pulmonalen Nebenwirkungen, die eine Hospitalisierung erforderten (Geerts et al. 2013).

In der hier durchgeführten Analyse zeigte sich, dass je nach zugrunde liegendem Grenzwert und verwendetem Nierenfunktionsparameter der Anteil potenziell inadäquater Anwendungen variiert.

Betrachtet man den Grenzwert von 45 ml/min/1,73 m², so wiesen von den 40 Nitrofurantoin-Therapiezyklen, bei denen in der Patientenakte die Nierenfunktion dokumentiert war, neun eine normierte eGFR unter 45 ml/min/1,73 m². Dieser Grenzwert wird in der diskutierten Literatur zwar nicht genannt, ist jedoch insofern von Interesse, da er häufig den ersten klinischen Orientierungswert darstellt.

Bezieht man jedoch die eGFR wie in der Fachinformation angegeben auf die tatsächliche Körperoberfläche, was für 26 Behandlungszyklen möglich war, fielen 5 Patient:innen unter diese Grenze.

Orientiert man sich an der europäischen Leitlinie wäre lediglich bei einem Patienten mit einer normierten eGFR von 9 ml/min/1,73 m² die Therapie aufgrund der Nierenfunktion inadäquat einzustufen.

Um die Angemessenheit der Therapie anhand des Grenzwertes der American Geriatric Society zu evaluieren, wurde die Kreatinin-Clearance berechnet; dies war für 25 Behandlungszyklen möglich. Von diesen 25 Verordnungen wurde viermal Nitrofurantoin gegeben, obwohl die Kreatinin-Clearance unter dem Grenzwert von 30 ml/min lag.

Stellt man die vier Nierenparameter/Grenzwertpaare einander gegenüber und berechnet den Anteil der inadäquaten Therapien gemessen an der jeweiligen Anzahl an Therapiezyklen, so ergeben sich Werte von 23% (eGFR < 45 ml/min/1,73 m²), 19% (eGFR < 45 ml/min), 3% (eGFR < 30 ml/min/1,73 m²) bzw. 16% (Kr-Cl < 30 ml/min).

Auffallend niedrig mit 3% liegt der Anteil der inadäquat behandelten Patienten bei dem von der EAU empfohlenen Wert von 30 ml/min/1,73 m², wohingegen er bei Anwendung der übrigen Grenzwerte zwischen 16% und 23% liegt.

Allerdings waren in der Studie von Geerts et al., die ausschlaggebend für die Empfehlung der EAU war, nur 24% der Patientinnen die Nitrofurantoin erhielten älter als 64 Jahre. Zudem wurde die Körperoberfläche bzw. das Körpergewicht nicht erfasst, was sich jedoch besonders bei sehr leichten oder sehr schweren Personen maßgeblich auf die Einschätzung der Nierenfunktion auswirken kann.

So gibt es aus dem deutschen Sprachraum eine Publikation zur Dosisanpassung von Arzneistoffen, in der die Verwendung der CKD-EPI Formel empfohlen wird; allerdings soll

bei Extremen der Körperoberfläche die eGFR auf die tatsächliche Körperoberfläche bezogen werden (Zieschang 2020).

Die britische Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA) hat ebenfalls eine Empfehlung über die Verwendung der unterschiedlichen Nierenparameter zur Dosisanpassung herausgegeben. Darin wird für Personen über 75 Jahren die Verwendung der Cockcroft-Gault-Formel empfohlen (MHRA, 2019). Daraus ergibt sich, dass die von der EAU empfohlene Grenze für die Anwendung von Nitrofurantion in der hier vorliegenden geriatrischen Population mit Vorbehalt zu sehen ist.

In dieser Arbeit wurden zur Einschätzung der Nierenfunktion die normierte eGFR, die – sofern in der Fachinformation angegeben – auf die tatsächliche Körperoberfläche bezogene eGFR sowie die Kreatinin-Clearance herangezogen, um die Therapiesicherheit zu bewerten.

Wie weiter oben diskutiert, änderte sich auch in dem vorliegenden Patientenkollektiv die Einschätzung der Nierenfunktion in Abhängigkeit von der gewählten Formel. Besonders sticht hervor, dass die Kreatinin-Clearance durchwegs niedrigere Werte lieferte als die normierte eGFR. Dieser Effekt kam besonders bei sehr alten und sehr leichten Personen zu tragen. So hatten zum Beispiel zwei Patientinnen mit einer normierten eGFR von jeweils 71 ml/min/1,73 m² bzw. 72 ml/min/1,73 m² eine nur moderat eingeschränkte Nierenfunktion. Die berechneten Kreatinin-Clearance-Werte lagen mit 28 ml/min bzw. 34 ml/min jedoch deutlich darunter. Beide Bewohnerinnen waren über 85 Jahre alt und das Gewicht lag bei 55 kg oder darunter. Auch bei den übrigen Bewohnerinnen und Bewohnern lagen die Werte der Kreatinin-Clearance ebenso unter denen der normierten eGFR, allerdings waren die Unterschiede weniger ausgeprägt.

Dass die mittels Cockcroft-Gault-Formel berechnete Kreatinin-Clearance bei geriatrischen Personen niedrigere Werte liefert als die mittels CKD-EPI-Formel bestimmter eGFR steht im Einklang mit der vorhandenen Literatur. Es gibt Hinweise darauf, dass die Cockcroft-Gault-Formel in diesem Kollektiv die Nierenfunktion tendenziell unterschätzt, wohingegen die CKD-EPI_{Cr} die Nierenfunktion eher überschätzt (Hart & Anderson 2018).

Eine mögliche Herangehensweise diesem Problem zu begegnen besteht darin, mehr als eine Methode zur Schätzung der Nierenfunktion heranzuziehen, um so einen Bereich zu erhalten, in dem die tatsächliche Nierenfunktion liegen kann. Im Einzelfall ist es dabei entscheidend, den Nutzen gegen das Risiko einer potenziellen Über- oder Unterdosierung abzuwägen (Hart & Anderson 2018). So zeichnen sich zum Beispiel Beta-Lactam-Antibiotika durch eine große

therapeutische Breite mit einer vergleichsweise geringen Gefahr toxischer Wirkungen aus (PEG 2019, S. 28–40).

Unter den für die empirische Therapie der unkomplizierten Zystitis empfohlenen Antibiotika ist Pivmecillinam – ein Beta-Lactam-Antibiotikum – dasjenige, das auch bei stark eingeschränkter Nierenfunktion gegeben werden kann.

Es zeichnet sich durch eine gute Verträglichkeit und einem relativ breiten Anwendungsbereich aus und wird in internationalen Leitlinien als erste bzw. zweite Wahl für die Therapie der unkomplizierten Zystitis der Frau geführt; zudem ist es auch eine mögliche Therapieoption bei der katheterassoziierten Zystitis. Die Empfehlungen zum Einsatz bei Männern sind – analog zu Nitrofurantoin – weniger einheitlich (DGU 2024, EAU 2025, S. 15–21, Fachinformation von Selexid 200 mg, Stand 02/2024, NICE 2018a, NICE 2018b).

Die Resistenzrate der beiden am häufigsten nachgewiesenen Keime *Escherichia coli* und *Klebsiella pneumoniae* waren vergleichsweise niedrig (13% bzw. 7%). Allerdings war die Gesamtresistenzrate höher als jene der beiden Fluorochinolone und lag auch über jener von Amoxicillin/Clavulansäure sowie über jener von Nitrofurantoin. Dies lag vor allem an den gegenüber Pivmecillinam intrinsisch resistenten Keimen *Pseudomonas aeruginosa* und *Enterococcus faecalis*, die gemeinsam ein Drittel der Erregernachweise ausmachten.

Als Testsubstanz zur mikrobiologischen Urinuntersuchung wurde vom Labor statt Pivmecillinam wie international üblich die aktive Wirkform Mecillinam verwendet (EUCAST 2026), was die Interpretation der Befunde für den behandelnden Arzt erschweren könnte. Dies könnte ein Mitgrund für die zurückhaltende Verschreibung sein, denn trotz guter Wirksamkeit und Verträglichkeit wurden nur zwei Therapiezyklen mit Pivmecillinam gezählt.

Neben Pivmecillinam ist auch der Einsatz der beiden Fluorochinolone Ciprofloxacin und Levofloxacin bei stark eingeschränkter Nierenfunktion unter Dosisanpassung möglich.

Ein weiterer Vorteil der beiden Fluorochinolone ist ihre Wirksamkeit gegenüber *Pseudomonas aeruginosa*, das etwa ein Fünftel aller Erregernachweise ausmachte. Allerdings schränken Sicherheitsbedenken ihre Anwendbarkeit ein; daher werden sie nicht als erste Wahl bei der Therapie der unkomplizierten Zystitis der Frau gesehen (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) 2023, DGU. 2024). Auch bei Männern werden sie lediglich von der europäischen Leitlinie als Therapieoption gelistet (EAU 2025, S. 15–21).

Diese Vorgaben spiegeln sich in der restriktiven Anwendung innerhalb des Patientenkollektivs dieser Arbeit wider. Ciprofloxacin und Levofloxacin wurden jeweils nur viermal (4%) verordnet. Ob es sich dabei in allen Fällen um komplizierte Harnwegsinfekte handelte, kann nicht mit abschließender Sicherheit beurteilt werden.

Im Gegensatz dazu fand jene österreichische Studie, die die eingesetzten Antibiotika bei der Therapie von Harnwegsinfekten in Langzeitpflegeeinrichtungen untersuchte, dass die meisten Verschreibungen auf Fluorochinolone entfielen. Diese Abweichung im Verschreibungsmuster kann darauf zurückzuführen sein, dass die Daten für das Jahr 2018 erhoben wurden, aber der erste Rote-Hand-Brief zur Anwendungsbeschränkung der Fluorochinolone erst 2019 veröffentlicht wurde (BfArM 2019).

4.2. Limitationen

Die größte Limitation dieser Studie ist, dass die Diagnosen zu den jeweiligen Antibiotikaverordnungen nicht hinterlegt waren. Dadurch mussten anhand der Patientenkarteen die Indikation für den jeweils eingesetzten Wirkstoff zugeordnet werden. Da dies nicht in allen Fällen möglich war, kann es sein, dass einige Fälle nicht in die Analyse einbezogen wurden, obwohl es sich um eine Harnwegsinfektion handelte.

Weiters wurde nicht zwischen unkomplizierten und komplizierten Harnwegsinfekten unterschieden; ebenfalls kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch Pyelonephritiden behandelt wurden. Alle drei Krankheitsbilder erfordern aber eine unterschiedliche Therapie, wodurch eine Beurteilung der Wirkstoffauswahl anhand der Indikation nur bedingt möglich war. Zudem können auch asymptomatische Bakteriurien als Harnwegsinfekte klassifiziert und antibiotisch therapiert worden sein, da die Symptomatik und Therapieentscheidung in dieser Arbeit nicht beurteilt wurde.

Eine weitere Einschränkung ist, dass der Zugriff auf die Patientenkartei mit den zugehörigen Labordaten für die meisten aber nicht für alle Bewohner durchgängig möglich war.

Aus dem oben genannten ergibt sich, dass quantitative Aussagen, die sich auf das gesamte Patientenkollektiv beziehen, nicht möglich sind, da es zu einer Verzerrung der Daten kommen würde. Auch die Beurteilung der Wirkstoffauswahl ist nur begrenzt möglich.

Zudem beschränkt sich diese Analyse auf den Vergleich der durchgeführten Therapie mit den Empfehlungen der Leitlinie, wohingegen Therapieerfolge gemessen an Reinfektionen oder Hospitalisierungen nicht erfasst wurden.

Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf vergleichbare Einrichtungen ist nur eingeschränkt möglich, da es sich um die Analyse eines einzigen Wohn- und Pflegeheimes handelt.

4.3. Schlussfolgerung

Ziel dieser Arbeit war die Evaluation der Therapie der unkomplizierten Zystitis in einem Altenwohn- und Pflegeheim anhand der S3-Leitlinie „Epidemiologie, Diagnostik, Therapie, Prävention und Management unkomplizierter, bakterieller, ambulant erworbener Harnwegsinfektionen im Erwachsenenalter (HWI)“ der Deutschen Gesellschaft für Urologie. Zusammenfassend zeigt sich, dass die Wirkstoffauswahl im untersuchten Kollektiv überwiegend leitlinienorientiert erfolgte. Nitrofurantoin wurde als empfohlene Erstlinientherapie am häufigsten eingesetzt und wies mit Hinblick auf die Resistenzlage der dominierenden Erreger eine günstige Wirksamkeit auf.

Der zurückhaltende Einsatz der Fluorochinolone ist vor dem Hintergrund der Sicherheitsbedenken und der regulatorischen Einschränkungen positiv zu werten. Auch die geringe Verschreibung von Trimethoprim scheint aufgrund der erhöhten Resistenzrate plausibel.

Das größte Optimierungspotenzial liegt vor allem in der konsequenten Einbeziehung der Nierenfunktion in die Therapieentscheidung, die in der vorliegenden Analyse nicht durchgehend gegeben war. Insbesondere bei der Behandlung mit Nitrofurantoin könnten so potenziell schwerwiegende Nebenwirkungen vermieden werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Einschätzung der Nierenfunktion – abhängig vom gewählten Parameter und Grenzwert – zu deutlich unterschiedlichen Bewertungen der Therapiesicherheit führen kann. Insbesondere bei leichtgewichtigen und hochbetagten Patient:innen kann die Diskrepanz zwischen der normierten eGFR und der Kreatinin-Clearance klinisch relevant sein. Eine standardisierte Bewertung der Nierenfunktion kann dazu beitragen, potenziell inadäquate Therapien mit Nitrofurantoin zu vermeiden und so das Risiko für schwere Nebenwirkungen zu verringern.

Welcher Grenzwert für die Therapieentscheidung heranzuziehen ist, sollte im Einzelfall unter Berücksichtigung der klinischen Präsentation und verfügbarer Therapiealternativen

entschieden werden. Die geringe Nutzung von Pivmecillinam legt nahe, dass bei einem Teil der aufgrund der eingeschränkten Nierenfunktion potenziell inadäquaten Nitrofurantoin-Therapien therapeutische Alternativen zur Verfügung gestanden hätten, die nicht vollständig ausgeschöpft wurden.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit lassen sich konkrete Ansatzpunkte für ein Antibiotic-Stewardship-Programm ableiten. Dazu zählen insbesondere:

- die Erarbeitung von hausinternen Leitlinien für die Diagnose und Therapie der Zystitis unter Berücksichtigung der lokalen Resistenzsituation sowie nationaler und internationaler Leitlinien,
- die Festlegung von standardisierten Vorgehensweisen zur Beurteilung der Nierenfunktion für die Dosisanpassung bei Niereninsuffizienz,
- die Implementierung verbindlicher Maßnahmen zur regelhaften Dokumentation der Indikation bei jeder Antibiotikaverordnung
- sowie die regelmäßige Evaluierung des Antibiotikagebrauchs und der lokalen Resistenzentwicklung im Sinne einer kontinuierlichen Qualitätssicherung.

Die Identifikation von Optimierungspotenzial ist nicht als Kritik einzelner Entscheidungen zu sehen, sondern als Möglichkeit durch interprofessionelle Zusammenarbeit die Therapie kontinuierlich zu verbessern. Eine rationale und individuell angepasste Antibiotikatherapie erhöht sowohl die Effektivität der Behandlung als auch die Patientensicherheit und trägt dazu bei, die Wirksamkeit dieser Substanzen langfristig zu erhalten. Davon profitiert die einzelne Patientin und der einzelne Patient unmittelbar; zugleich wird auf lokaler Ebene ein Beitrag zur Eindämmung des globalen Problems der Antibiotikaresistenzen geleistet.

5. Literatur

Ahmed, H., Farewell, D., Jones, H. M., Francis, N. A., Paranjothy, S., & Butler, C. C. (2018). Incidence and antibiotic prescribing for clinically diagnosed urinary tract infection in older adults in UK primary care, 2004-2014. *PLoS ONE*, 13(1), e0190521. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190521>

Antimicrobial Resistance Collaborators. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *Lancet (London, England)*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

Appaneal, H. J., Shireman, T. I., Lopes, V. V., Mor, V., Dosa, D. M., LaPlante, K. L., & Caffrey, A. R. (2021). Poor clinical outcomes associated with suboptimal antibiotic treatment among older long-term care facility residents with urinary tract infection: A retrospective cohort study. *BMC Geriatrics*, 21(1), 436. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02378-5>

Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). (2019). *Rote-Hand-Brief: Systemisch und inhalativ angewendete Chinolon- und Fluorchinolon-Antibiotika: Risiko von die Lebensqualität beeinträchtigenden, lang anhaltenden und möglicherweise irreversiblen Nebenwirkungen – Anwendungsbeschränkungen*. Abgerufen am 25. Feber 2026, von <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RHB/2019/rhb-fluorchinolone.html>

Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). (2023). *Rote-Hand-Brief: Systemisch und inhalativ angewendete fluorchinolonhaltige Antibiotika – Erinnerung an die Anwendungsbeschränkung*. Abgerufen am 11. Feber 2026, von <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RHB/2023/rhb-fluorchinolone.html>

By the 2023 American Geriatrics Society Beers Criteria® Update Expert Panel. (2023). American Geriatrics Society 2023 updated AGS Beers Criteria® for potentially inappropriate medication use in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 71(7), 2052–2081. <https://doi.org/10.1111/jgs.18372>

Cockcroft, D. W., & Gault, M. H. (1976). Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron*, 16(1), 31–41. <https://doi.org/10.1159/000180580>

Costelloe, C., Metcalfe, C., Lovering, A., Mant, D., & Hay, A. D. (2010). Effect of antibiotic prescribing in primary care on antimicrobial resistance in individual patients: Systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 340, c2096. <https://doi.org/10.1136/bmj.c2096>

Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin e.V. (DEGAM) (2024). *S3-Leitlinie: Versorgung von Patient*innen mit nicht nierenersatztherapiepflichtigen Nierenkrankheiten in der Hausarztpraxis - Chronisch eingeschränkte Nierenfunktion in der Hausarztpraxis* (S3-Leitlinie, AWMF-Registriernummer: 053-048). Abgerufen am 2. Dezember 2025, von <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/053-048>

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI). (2025). *S3-Leitlinie: Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz* (S3-Leitlinie, AWMF-Registriernummer: 001–021). Abgerufen am 11. Februar 2026, von <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-021>

Deutsche Gesellschaft für Urologie e.V. (DGU) (2024). *S3-Leitlinie: Epidemiologie, Diagnostik, Therapie, Prävention und Management unkomplizierter, bakterieller, ambulant erworbener Harnwegsinfektionen im Erwachsenenalter (HWI)* (S3-Leitlinie, AWMF-Registriernummer: 043-044). Abgerufen am 23. Dezember 2025, von <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/043-044>

Devine, B. J. (1974). Clinical pharmacy: Case studies: case number 25 gentamicin therapy. *Drug Intelligence & Clinical Pharmacy*, 8(11), 650–655. <https://doi.org/10.1177/106002807400801104>

Du Bois, D., & Du Bois, E. F. (1989). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known [ursprünglich veröffentlicht 1916]. *Nutrition*, 5(5), 303–311.

Emanuel, N. A., Price, S., Hansen, D. K., Whiting, J., Kim, J., & Gaskill, E. (2023). Impact of weight and creatinine adjustments on the accuracy of Cockcroft-gault equation in hematopoietic cell transplant patients. *Clinical Transplantation*, 37(10), e15059. <https://doi.org/10.1111/ctr.15059>

Eure, T. R., Stone, N. D., Mungai, E. A., Bell, J. M., & Thompson, N. D. (2021). Antibiotic-resistant pathogens associated with urinary tract infections in nursing homes: Summary of data reported to the National Healthcare Safety Network Long-Term Care Facility Component, 2013-2017. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 42(1), 31–36. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.348>

European Association of Urology (EAU). (2025). *EAU guidelines on urological infections*. EAU Guidelines Office. Abgerufen am 7. Jänner 2026, von <https://uroweb.org/guidelines/urological-infections>

European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). (2025). *Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in European long-term care facilities*. Stockholm: ECDC. <https://doi.org/10.2900/5735023>

European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). (2025). *Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters*. (15.0). EUCAST. Abgerufen am 20.11.2025, von https://www.eucast.org/fileadmin/eucast/pdf/breakpoints/v_15.0_Breakpoint_Tables.pdf

European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). (2026). *Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters* (16.0). EUCAST. Abgerufen am 26.1.2026, <https://www.eucast.org/bacteria/clinical-breakpoints-and-interpretation/clinical-breakpoint-tables/>

Fachinformation Ciprofloxacin +pharma 250 mg — Filmtabletten. +pharma arzneimittel GmbH. (2024, November). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Feber 2026.

Fachinformation Clavamox 875 mg/125 mg — Filmdabletten. Sandoz GmbH. (2023, April). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Fachinformation Furadantin retard Kapseln. Amdipharm Limited. (2025, September). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Fachinformation Klacid Uno — Filmdabletten mit veränderter Wirkstoff-Freisetzung. Viatris Healthcare Limited. (2024, Juni). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Fachinformation Levofloxacin 1A Pharma 250 mg — Filmdabletten. 1A Pharma GmbH. (2024, Dezember). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Fachinformation Lidaprim forte — Filmdabletten. Rokitan GmbH. (2024, November). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Fachinformation Monuril 3 g — Granulat. Zambon S.p.A. (2021, Juni). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Fachinformation Selexid 200 mg — Filmdabletten. Karo Pharma AB. (2024, Februar). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Fachinformation Triprim 200 mg — Tabletten. TEVA B.V. (2016, Oktober). Bezogen über Diagnosia-App am 9. Februar 2026.

Finch, R. G., Greenwood, D., Norrby, S. R., & Whitley, R. J. (2003). *Antibiotic and chemotherapy: Anti-infective agents and their use in therapy* (8. Aufl.). Churchill Livingstone.

García-Solache, M., & Rice, L. B. (2019). The enterococcus: A model of adaptability to its environment. *Clinical Microbiology Reviews*, 32(2), e00058-18. <https://doi.org/10.1128/CMR.00058-18>

Geerts, A. F. J., Eppenga, W. L., Heerdink, R., Derijks, H. J., Wensing, M. J. P., Egberts, T. C. G., & De Smet, P. A. G. M. (2013). Ineffectiveness and adverse events of nitrofurantoin in women with urinary tract infection and renal impairment in primary care. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 69(9), 1701–1707. <https://doi.org/10.1007/s00228-013-1520-x>

Goossens, H., Ferech, M., Vander Stichele, R., & Elseviers, M. (2005). Outpatient antibiotic use in Europe and association with resistance: A cross-national database study. *The Lancet*, 365(9459), 579–587. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)17907-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)17907-0)

Guérin, F., Isnard, C., Cattoir, V., & Giard, J. C. (2015). Complex regulation pathways of ampc-mediated β -lactam resistance in enterobacter cloacae complex. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 59(12), 7753–7761. <https://doi.org/10.1128/AAC.01729-15>

Hanlon, J. T., Perera, S., Schweon, S., Drinka, P., Crnich, C., & Nace, D. A. (2021). Improvements in antibiotic appropriateness for cystitis in older nursing home residents: A quality improvement study with randomized assignment. *Journal of the American Medical Directors Association*, 22(1), 173–177. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.07.040>

Hart, L. A., & Anderson, G. D. (2018). Methods of estimating kidney function for drug dosing in special populations. *Clinical Pharmacokinetics*, 57(8), 943–976. <https://doi.org/10.1007/s40262-018-0628-7>

Huttner, A., Kowalczyk, A., Turjeman, A., Babich, T., Brossier, C., Eliakim-Raz, N., Kosiek, K., Martinez de Tejada, B., Roux, X., Shiber, S., Theuretzbacher, U., von Dach, E., Yahav, D., Leibovici, L., Godycki-Cwirko, M., Mouton, J. W., & Harbarth, S. (2018). Effect of 5-day nitrofurantoin vs single-dose fosfomycin on clinical resolution of uncomplicated lower urinary tract infection in women: A randomized clinical trial. *JAMA*, 319(17), 1781–1789. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.3627>

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2013). KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney International Supplements*, 3(1), i–150. Abgerufen am 3.2.2026, von https://kdigo.org/wp-content/uploads/2017/02/KDIGO_2012_CKD_GL.pdf

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). Kdigo 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International*, 105(4S), S117–S314. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018>

König, E., Kriegl, L., Pux, C., Uhlmann, M., Schippinger, W., Avian, A., Krause, R., & Zollner-Schwetz, I. (2024). Implementation of an antimicrobial stewardship program for urinary tract infections in long-term care facilities: A cluster-controlled intervention study. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 13(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s13756-024-01397-2>

König, E., Medwed, M., Pux, C., Uhlmann, M., Schippinger, W., Krause, R., & Zollner-Schwetz, I. (2021). Prospective surveillance of healthcare-associated infections in residents in four long-term care facilities in graz, austria. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 10(5), 544. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050544>

König, E., Meister, M., Pux, C., Uhlmann, M., Schippinger, W., Friedl, H., Krause, R., & Zollner-Schwetz, I. (2025). Surveillance of healthcare-associated infections in long-term care facilities in graz, austria, from 2018 to 2022. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 14(6), 573. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14060573>

Kouri, T. T., Hofmann, W., Falbo, R., Oyaert, M., Schubert, S., Gertsen, J. B., Merens, A., Pestel-Caron, M., & Task and Finish Group for Urinalysis (TFG-U), European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM). (2024). The eflm european urinalysis guideline 2023. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 62(9), 1653–1786. <https://doi.org/10.1515/ccm-2024-0070>

Leclercq, R., Cantón, R., Brown, D. F. J., Giske, C. G., Heisig, P., MacGowan, A. P., Mouton, J. W., Nordmann, P., Rodloff, A. C., Rossolini, G. M., Soussy, C.-J., Steinbakk, M., Winstanley, T. G., & Kahlmeter, G. (2013). EUCAST expert rules in antimicrobial susceptibility testing. *Clinical Microbiology and Infection*, 19(2), 141–160. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03703.x>

Lee, G. (2013). Ciprofloxacin resistance in enterococcus faecalis strains isolated from male patients with complicated urinary tract infection. *Korean Journal of Urology*, 54(6), 388–393. <https://doi.org/10.4111/kju.2013.54.6.388>

Levey, A. S., Bosch, J. P., Lewis, J. B., Greene, T., Rogers, N., & Roth, D. (1999). A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: A new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Annals of Internal Medicine*, 130(6), 461–470. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-130-6-199903160-00002>

Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA). (2019). *Prescribing medicines in renal impairment: Using the appropriate estimate of renal function to avoid the risk of adverse drug reactions* (Bd. 13, Nummer 3) [Drug Safety Update]. Abgerufen am 12. Jänner 2026, von <https://www.gov.uk/drug-safety-update/prescribing-medicines-in-renal-impairment-using-the-appropriate-estimate-of-renal-function-to-avoid-the-risk-of-adverse-drug-reactions>

Mirkov, S., Scuderi, C., Lloyd, J., Coutsouvelis, J., O'Connor, S., Potts, S., Newman, S., & Roberts, J. (2024). Estimation of kidney function for medication dosing in adult patients with chronic kidney disease: A practice update. *Journal of Pharmacy Practice and Research*, 54(1), 94–106. <https://doi.org/10.1002/jppr.1884>

National Institute for Health and Care Excellence (NICE). (2018a). *Urinary tract infection (catheter-associated): Antimicrobial prescribing*. London: NICE. Abgerufen am 27. Jänner 2026, von <https://www.nice.org.uk/guidance/ng113>

National Institute for Health and Care Excellence (NICE). (2018b). *Urinary tract infection (lower): Antimicrobial prescribing*. London: NICE. Abgerufen am 27. Jänner 2026, von <https://www.nice.org.uk/guidance/ng109>

Nicolle, L. E. (2014). Catheter associated urinary tract infections. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 3(1), 23. <https://doi.org/10.1186/2047-2994-3-23>

Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e. V. (PEG). (2019). *Kalkulierte parenterale Initialtherapie bakterieller Erkrankungen bei Erwachsenen—Update 2018* (S2k Leitlinie AWMF-Registriernummer: 082-006). Abgerufen am 26.1.2026, von <https://www.p-e-g.org/files/content/Service/Empfehlungen-Leitlinien/PEG-S2k-Leitlinie-Update-2018.pdf>

Rotjanapan, P., Dosa, D., & Thomas, K. S. (2011). Potentially inappropriate treatment of urinary tract infections in two Rhode Island nursing homes. *Archives of Internal Medicine*, 171(5), 438–443. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.13>

Shakti, L., & Veeraraghavan, B. (2015). Advantage and limitations of nitrofurantoin in multi-drug resistant Indian scenario. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 33(4), 477–481. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.167350>

Stefani, M., Singer, R. F., & Roberts, D. M. (2019). How to adjust drug doses in chronic kidney disease. *Australian Prescriber*, 42(5), 163. <https://doi.org/10.18773/austprescr.2019.054>

Stock, I., & Wiedemann, B. (1998). Identification and natural antibiotic susceptibility of *morganella morganii*. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 30(3), 153–165. [https://doi.org/10.1016/S0732-8893\(97\)00243-5](https://doi.org/10.1016/S0732-8893(97)00243-5)

Stuart, R. L., Wilson, J., Bellaard-Smith, E., Brown, R., Wright, L., Vandergraaf, S., & Gillespie, E. E. (2012). Antibiotic use and misuse in residential aged care facilities. *Internal Medicine Journal*, 42(10), 1145–1149. <https://doi.org/10.1111/j.1445-5994.2012.02796.x>

Swissnoso. (2024). Surveillance Katheter-assoziiierter Harnwegsinfektionen (CAUTI) Jahresbericht 2024. Nationales Zentrum für Infektionsprävention. Abgerufen am 3.3.2026, von <https://www.swissnoso.ch/module/cauti-surveillance/resultat>

Traynor, A. M., Nafziger, A. N., & Bertino, J. S. (1995). Aminoglycoside dosing weight correction factors for patients of various body sizes. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 39(2), 545–548. <https://doi.org/10.1128/AAC.39.2.545>

van Buul, L. W., Veenhuizen, R. B., Achterberg, W. P., Schellevis, F. G., Essink, R. T. G. M., de Greeff, S. C., Natsch, S., van der Steen, J. T., & Hertogh, C. M. P. M. (2015). Antibiotic prescribing in Dutch nursing homes: How appropriate is it? *Journal of the American Medical Directors Association*, 16(3), 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2014.10.003>

Vouloumanou, E. K., Karageorgopoulos, D. E., Rafailidis, P. I., Michalopoulos, A., & Falagas, M. E. (2011). Trimethoprim/sulfamethoxazole: Evaluation of the available clinical and pharmacokinetic/pharmacodynamic evidence. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 38(3), 197–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2011.04.016>

Werner, G., Fleige, C., Ewert, B., Laverde-Gomez, J. A., Klare, I., & Witte, W. (2010). High-level ciprofloxacin resistance among hospital-adapted *Enterococcus faecium* (Cc17). *International Journal of Antimicrobial Agents*, 35(2), 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2009.10.012>

Wijma, R. A., Huttner, A., Koch, B. C. P., Mouton, J. W., & Muller, A. E. (2018). Review of the pharmacokinetic properties of nitrofurantoin and nitroxoline. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 73(11), 2916–2926. <https://doi.org/10.1093/jac/dky255>

Zieschang, S. (2020). „Genau richtig dosieren“ bei Niereninsuffizienz – aber wie? *Arzneiverordnung in der Praxis*, 47(1–2), 18 - 20.