

Zytomorphologie und DNS-Zytophotometrie beim Prostatakarzinom und ihre prognostische Bedeutung*

Zusammenfassung (Abstrakt)

Bei 271 Patienten mit lokal fortgeschrittenem Prostatakarzinom wurden mittels der Einzelzell-DNS-Zytophotometrie die Ploidie, die DNS-Heterogenität und die Anteile der Zellzyklusphasen der Tumoren vor und während der Therapie untersucht, um neben den bisherigen prognostischen Faktoren (Stadium, Grad) weitere prognostische Parameter zu finden. Der Zeitraum der Verlaufsbeobachtung betrug 1 bis 12 Jahre.

Von den 271 Patienten haben 198 Patienten (73,7%) einen T3 N0 M0-Tumor, während bei 73 Patienten (26,3%) ein Stadium T3/T4 N+ M1 vorlag. 11,8% der Patienten wiesen den zytologischen Malignitätsgrad 1, 64,3% der Patienten den Malignitätsgrad 2 auf und 23,8% der Patienten hatten ein Grad-3-Karzinom. Die Einzelzell-DNS-Zytophotometrie ergab bei den höheren Malignitätsgraden 2 und 3 eine Aneuploidie-Rate bis zu 71% und eine Diploidie-Rate bis zu 23,8%. Bei dem Malignitätsgrad 1 dagegen lag die Diploidie-Rate bei 71% und die Aneuploidie-Rate bei 15,2%. Diese Unterschiede sind signifikant ($p < 0,001$).

Zwischen den Ergebnissen der DNS-Zytophotometrie und dem klinischen Verlauf bestand eine signifikante Korrelation. Patienten mit diploiden Tumorzellkernen entwickelten innerhalb einer Beobachtungszeit von 12 Jahren keine Metastasierung und keine lokale Tumorumprogression, während Patienten mit aneuploiden Tumorzellkernen eine Metastasierung und eine lokale

Hussain Al-Abadi
Reinhard Nagel
Berlin

Tumorumprogression trotz Therapieumstellung innerhalb von 8 bis 22 Monaten aufwiesen. Die Patienten in der aneuploiden Gruppe starben durchschnittlich 21 Monate nach dem Zeitpunkt der Primärdiagnose an ihrem Tumorleiden.

Einleitung

Die pathomorphologische Begutachtung maligner Prostatatumoren bereitet heute noch häufig Schwierigkeiten. Das Prostatakarzinom ist morphologisch ein sehr heterogener Tumor mit überlappenden Histologie, unterschiedlichem biologischen Verhalten und klinischen Verlauf. Eine Verbesserung der Behandlung könnte dadurch erreicht werden, daß neben detailliertem morphologischen Grading durch die Bestimmung von Hormonrezeptoren bei histochemischen und immunologischen sowie molekulargenetischen Untersuchungen zusätzliche Malignitätskriterien außerhalb der Histomorphologie gebildet werden. Die Ploidie und Proliferationsaktivität der einzelnen Tumoren können solche differenzierenden Faktoren darstellen (1–5, 7, 9).

Eine Abweichung des DNS-Gehaltes der Tumorkerne von dem normalen Gewebe ist ein Hinweis auf Tumorzellpopulation im Sinne der Aneuploidie (12). Die DNA-Heterogenität der Tumorzellkerne bei malignen Tumoren verschiedener Organe hat in den letzten Jahren wegen der Beziehung des Tumorverhaltens vor und während der Therapie großes klinisches Interesse erlangt (1–5, 6, 10, 13, 15, 18, 20, 22, 24).

In einer experimentellen Studie in der Zeit von 1980 bis 1992 haben wir durch Feinnadelbiopsie gewonnenes Tumormaterial mit dem Ziel untersucht, neben den bisherigen prognostischen Faktoren weitere zu finden. Mit Hilfe der Absorptionszytophotometrie untersuchten wir die Ploidie, die intratumorale Heterogenität und die proliferative Aktivität des Prostatakarzinoms vor und während der Therapie.

Patientengut und Methodik

Von Januar 1980 bis Dezember 1992 wurden bei 271 Patienten mit lokal fortgeschrittenem Prostatakarzinom Untersuchungen mit der Einzelzell-DNS-Absorptionszytophotometrie durchgeführt und der klinische Verlauf der entsprechenden Patienten dokumentiert. Der Zeitraum der Verlaufsbeobachtung betrug 1–13 Jahre, das Durchschnittsalter dieser Patienten betrug 68,9 Jahre (42–88 Jahre). Die Materialgewinnung für die DNS-Analyse erfolgte mit der transrektalen Feinnadelaspirationsbiopsie. Die Ausstrichpräparate wurden erst nach Papanicolaou gefärbt und von uns zytologisch für die Tumordiagnostik und Differenzierung entsprechend der Empfehlung des pathologisch-urologischen Arbeitskreises Prostatakarzinom beurteilt (16). Nach Bestimmung des Malignitätsgrades wurden die Tumorkomplexe markiert und anschließend mit der Feulgenschen Kernfärbung umgefärbt (Abb. 1). Gemessen wurden etwa 300 Tumorzellen, gelegentlich auch mehr. Der DNS-Gehalt dieser Kerne wurde mittels Einzelzellabsorptionszytophotometrie ermittelt. Die gemessenen Werte der jeweiligen Totalexstinktion wurden zusammen mit Mittelwertstandard, Abweichungsvarianz und Variationskoeffizient mit

*„Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. med. Reinhard Nagel, gewidmet“.
Dr. med. Hussain Al-Abadi.

**Urologische Klinik und Poliklinik, Klinikum Rudolf Virchow, Freie Universität Berlin, Direktor: Prof. Dr. R. Nagel

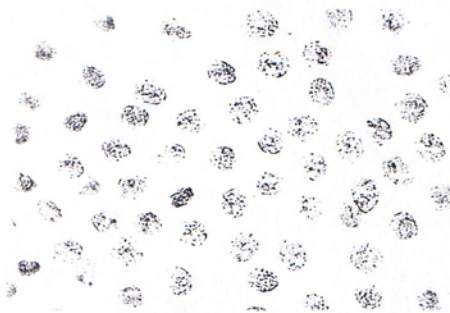
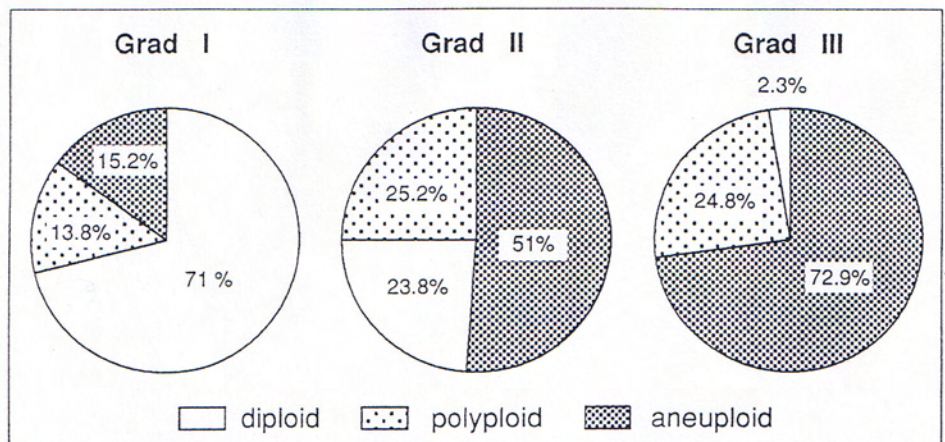


Abb. 1 Feulgensche Nuklearreaktion: Iso-
liert liegend, gut kontrastierte Zellkerne
ohne Überlagerung und Artefakte (100
Obj.)

Abb. 1a DNS-Gehalt (Grad I-III) ▶



Hilfe der statistischen Analyse ausge-
rechnet. Entsprechend dem interna-
tionalen Konsens der DNS-Zytome-
trie bezeichnen wir den Zellkern-
DNS-Gehalt (Abb. 1a) als euploid
oder polyploid, wenn er im Bereich
des Mittelwertes der diploiden Eich-
population $\pm 25\%$ liegt. Entspre-
chend dem Variationskoeffizienten
der Eichpopulation werden alle außer-
halb des euploiden und polyploiden
Bereiches liegenden Zellkerne als an-
euploid bezeichnet. Der von ca. 300
Zellkernen erfaßte DNS-Gehalt wird
in einem DNS-Histogramm zusam-
mengefaßt. Der DNS-Gehalt wird in
„AU“ (arbitrary units), die Zahl der
gemessenen Tumorzellkerne mit „n“
angegeben (durch Eintragung der ge-
wonnenen Werte auf der Abszisse und
Ordinate entsteht das Histogramm).

Statistische Analyse

Für die 3 Malignitätsgrade wurde die
Homogenität der Ploidiegrade nach
dem Chi-Square-Test statistisch ge-
prüft. Die Überlebenskurven erhält
man durch die Kaplan-Meier-Product-
Limit-Methode, und der statistische
Vergleich wurde zwischen 2 Überle-
benskurven mit Hilfe des Long-rank-
Tests erstellt (14, 17, 19).

Ergebnisse

Tumorstadium und Häufigkeit der Malignitätsgrade

Die Stadieneinteilung wurde entspre-
chend der Empfehlung der UICC
nach dem TNM-System eingeteilt

(23). Bei der Diagnosestellung befan-
den sich 198 (73 %) der Patienten im
Stadium T3 No Mo, während bei 73
Patienten (27 %) das Stadium T3/T4
N+ M1 vorlag (Tab. 1.). Im gesamten
Untersuchungsgut war der zytologi-
sche Malignitätsgrad 2 mit 64,3 % der
Patienten am häufigsten, gefolgt von
Malignitätsgrad 3 mit 23,9 % und Ma-
lignitätsgrad 1 mit 11,8 % (Tab. 1;
Abb. 2, 3 u. 4).

Tab. 1 Häufigkeitsverteilung der klinischen
Stadien und der pathomorphologischen
Malignitätsgrade bei 271 Patienten mit lo-
kal fortgeschrittenem Prostatakarzinom
zum Zeitpunkt der Diagnose

Stadium	n	%
T3 N0 M0	198	73
T3/4 Nx M1	73	27
Malignitätsgrade		
1	32	11,8
2	174	64,3
3	65	23,9

Zytologie und die Response- Kriterien

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, unter-
scheidet sich unser Krankengut deut-
lich von dem anderer Kliniken, da
lediglich 27 % Metastasen hatten,
während 73 % mit T3-Karzinom aber
keine Metastasen aufwiesen.

Dies erklärt sich daraus, daß wir an
unserer Klinik seit über 23 Jahren mit
der Zytologie und auch DNS-Zyto-
photometrie inzwischen mit mehr als

35000 Aspirationsbiopsien über eine
Kontrollmöglichkeit verfügen, durch
die wir die Therapiewirkung bzw. das
Therapieversagen direkt am Primär-
tumor nachweisen können. Die Aspi-
rationsbiopsie ist für den Patienten

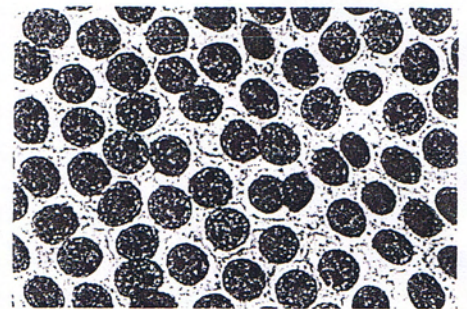


Abb. 2 Zytologisches Ausstrichpräparat:
Leichte Kernpolymorphie, prominente,
z. T. entrundete Nukleolen, intakte Zell-
grenzen Grad 1 (Score 10), (Papanicolaou
100 Obj.)

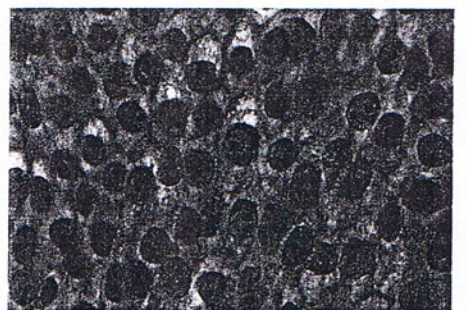


Abb. 3 Zytologisches Ausstrichpräparat:
Mäßige Polymorphie und Hyperchromasie
der Kerne, prominente, entrundete Nukleo-
len, herdförmig mehrere Nukleolen/Zell-
kern, gestörte Kernordnung. Grad 2 (Score
14), (Papanicolaou 100 Obj.)

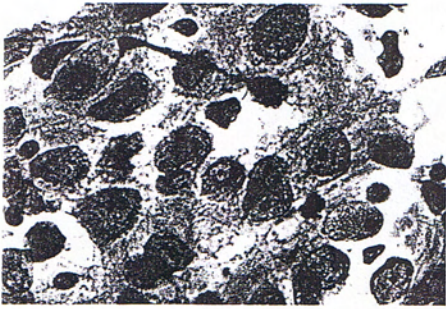


Abb. 4 Zytologisches Ausstrichpräparat: Deutliche Polymorphie und Hyperchromasie der Kerne, polymorphe Nukleolen, starke Kerndissoziation. Grad 3 (Score 17), (Papanicolaou 100 Obj.)

nicht belastend und darüber hinaus komplikationsarm.

Diese beiden Methoden – wie auch die morphologische Untersuchung einer Stanzbiopsie – sind derzeit die einzigen objektiven Parameter zur Therapiebeurteilung beim lokal fortgeschrittenen, noch nicht metastasierten Karzinom der Prostata.

Zytomorphologische Veränderungen unter der Therapie

Die Regressionszeichen sind unabhängig von der jeweiligen Therapie, wie wir an über 900 Patienten mit 6 verschiedenen Therapieformen bereits früher nachgewiesen haben (1, 13). Darüber hinaus ist der Zeitpunkt, zu dem eine schlechte oder fehlende Wirkung am Tumor selbst definitiv festgestellt werden kann, für die verschiedenen Therapieformen eindeutig gesichert. So kann nach antiandrogenen Maßnahmen wie Orchiektomie, LH-RH-Analoga oder Antiandrogenen bei einem schlechten oder fehlenden Regressionskriterium 6 Monate nach Therapiebeginn kaum noch mit einem Tumorresponse gerechnet werden, während nach Estracyt® und Cyclophosphamid bereits nach 3 Monaten der Therapieeffekt zuverlässig beurteilt werden kann.

Die wichtigsten Zeichen der Regression finden sich am Kern und an den Nukleolen: Kernpyknose, Abnahme der Kerngröße, Kernrarefizierung, Desintegration von Kernchromatin, Nukleolen: Größenabnahme bis zum Verschwinden (Abb. 2a, 3a, 4a).

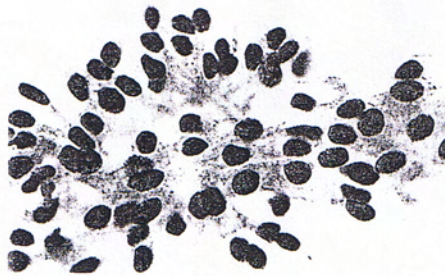


Abb. 2a Zytologisches Ausstrichpräparat des gleichen Patienten wie Abb. 2: Starke degenerative Veränderungen des Kern- und Zellzytoplasmas mit Kernpyknosen, Regressionsgrad II, guter Therapieeffekt (Papanicolaou 100 Obj.)

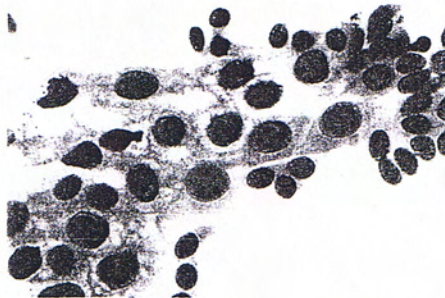


Abb. 3a Zytologisches Ausstrichpräparat des gleichen Patienten wie Abb. 3: Neben Kernpyknosen und Zytoplasmadegeneration finden sich einige große hyperchromatische Zellkerne, Regressionsgrad VI, mäßiger Therapieeffekt (Papanicolaou 100 Obj.)

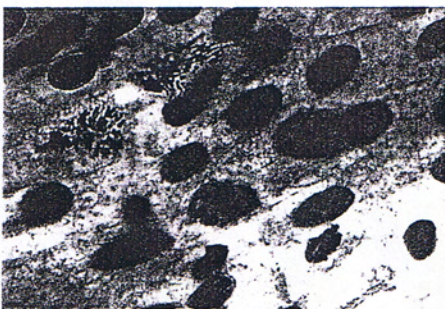


Abb. 4a Zytologisches Ausstrichpräparat des gleichen Patienten wie Abb. 4: Weiterhin Hyperchromasie, Polymorphie und zahlreiche Tumorzellmitosen, Regressionsgrad X, fehlender Therapieeffekt (Papanicolaou 100 Obj.)

Die zytologischen Kriterien der Regression korrespondieren mit denen der Histologie bei Beurteilung einer Stanzbiopsie und entsprechen der Klassifikation der Deutschen Uro-pathologischen Arbeitsgruppe „Prostatakarzinom“ (1, 16, 18, 20).

DNS-Ploidie versus Malignitätsgrad

Der Ploidiegrad des Prostatakarzinoms erreichte DNS-Werte von 2c (diploid) bis zu 19c. Die häufigsten Ploidiewerte der DNS-Stammlinien lagen im 5c-, 6c-, 9c, 10c- und 12c-Bereich. Die DNS-Werte von 32 Patienten mit Malignitätsgrad-1-Karzinom wurden mit 71 % der gemessenen Tumorzellkerne im diploiden Bereich 2c, 13,8 % im polyploiden (4c) und 15,2 % im aneuploiden Bereich (3c und 5c) ermittelt.

Die 174 Patienten mit Malignitätsgrad-2-Karzinomen zeigen eine sehr heterogene DNS-Verteilung, obwohl die Karzinome eine einheitliche zytomorphologische Differenzierung aufwiesen.

Wie aus Tab. 2 hervorgeht, ließen sich DNS-Meßwerte in 23,8 % im diploiden (2c), 25,2 % im polyploiden (4c) und 51 % der gemessenen Tumorzellkerne im aneuploiden (3c, 5c) Bereich ermitteln. Bei den 65 Patienten mit Grad-3-Karzinomen fand sich eine diploide Verteilung in nur 4,2 % der gemessenen Ploide, während 24,8 % einen polyploiden und 71 % einen aneuploiden DNS-Gehalt aufwiesen mit mehr als 2 DNS-Stammlinien und Streuung der Ploidie-Werte bis zu 19c.

Klinisches Stadium versus DNS-Ploidie

Bei 198 Patienten mit klinischem Stadium T3 fanden wir bei der DNS-Analyse 38 % der gemessenen Tumorzellkerne im diploiden Bereich, 9 % im tetraploiden und 53 % im aneuploiden Bereich. Die DNS-Ploidieverteilung bei den Patienten im klinischen Stadium T4 wurde mit 67 % im aneuploiden Bereich, 11 % im tetraploiden und 22 % im diploiden Bereich ermittelt (Tab. 3).

Veränderungen der DNS-Ploidie unter der Therapie

Während die Pathohistologie und Zytomorphologie eher ein morphologisch qualitatives Bild über den Therapieeffekt geben, erlaubt die DNS-Zy-

Tab. 2 Korrelation von Malignitätsgrad und DNS-Gehalt der Tumorzellkerne bei 271 Patienten mit Prostatakarzinom

Grad (n)	diploid %	polyploid %	aneuploid %
1 (32)	71	13,8	15,2
2 (174)	23,8	25,2	51
3 (65)	2,3	28,8	72,9

Tab. 3 Korrelation von klinischen Stadien und DNS-Ploidie bei 271 Patienten mit Prostatakarzinom

Stadium (n)	diploid %	polyploid %	aneuploid %
T3 N0 M0 (198)	38	9	53
T4 N + M1 (73)	22	11	67

tophotometrie durch detaillierte Analyse des Zellkern-DNS-Gehaltes eine quantitative Beurteilung des biologischen Verhaltens, d. h. des Malignitätspotentials des Prostatakarzinoms vor und während der Behandlung mit allen bisher bekannten Therapieformen. Wir haben bei Prostatakarzinomen nicht nur sequentielle Analysen des DNS-Gehaltes der Tumorzellkerne durchgeführt, sondern vor allem auch bei verschiedenen therapeutischen Maßnahmen. Es ist eine gesicherte Erkenntnis, daß sich der DNS-Gehalt des therapieresistenten Prostatakarzinoms signifikant von den Karzinomen unterscheidet, die günstig auf die Therapie reagieren. Ist die Behandlung des Prostatakarzinoms erfolgreich, findet sich in der DNS-Zytophotometrie ein signifikanter Fall des Ploidiegrades von der Aneuploidie in Richtung Diploidie, d. h. eine Linksverschiebung. Bleibt die Aneuploidie dagegen unter der Therapie unverändert, kann ein schlechter klinischer Verlauf vorausgesagt werden, unabhängig von der jeweils angewandten Therapie, wie aus dem DNS-Histogramm der Fälle 1 bis 3 zu ersehen ist.

Fall 1: 63jähriger Patient im Stadium T3 Mo, zytologischer Malignitätsgrad 2 (Score 11) (Abb. 2 und 2a):

Vor der Therapie zeigte das Histogramm einen breiten 2gipfligen 8c- bis 10c-Bereich mit Werten bis zu 12c.

6 Monate nach der Therapie fand sich eine klare Linksverschiebung mit einem statistisch signifikanten Gipfel im diploiden 2c-Bereich, der auch 5 1/2 Jahre nach Therapie unverändert nachzuweisen war. Dieser günstige Befund des Zytophotogramms korrespondiert sehr gut mit dem klinischen Befund, denn der Patient ist inzwischen 11 Jahre und 4 Monate ohne Progression (Abb. 5).

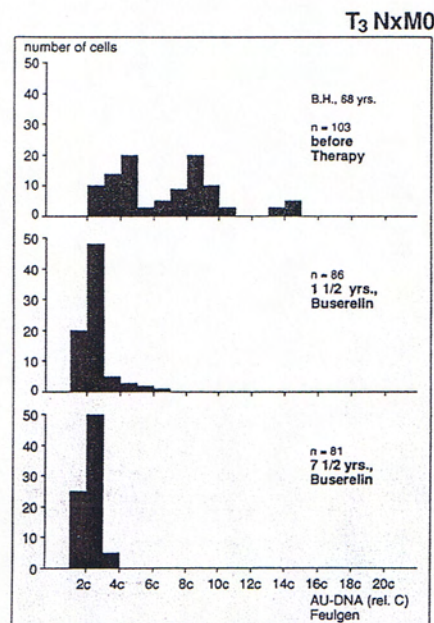


Abb. 5 Fall 1 (Klinischer Befund)

Fall 2: 70jähriger Patient mit fortgeschrittenem Prostatakarzinom T3, zyto- und histologischer Malignitätsgrad 2 (Score 14) (Abb. 3 und 3a):

Vor Beginn der Therapie ein breiter Gipfel im 6- und 7c-Bereich mit Streuung der DNS-Werte bis zu 12c. 6 Monate nach Therapie mit LH-RH-Analoga (Buserelin) fand sich eher eine Rechtsverschiebung über 12c. Da sich zytologisch nach 6 Monaten ebenfalls keine Regressionszeichen nachweisen ließen, haben wir den Patienten auf Estramustinphosphat (Estracyt®) umgestellt. 4 1/2 Jahre nach Estracyt-Therapie zeigte sich nun eine gute Regression mit statistisch signifikantem Häufigkeitsgipfel im 2- und 4c-Bereich bei klinisch stabilem Zustand. Nach 8 1/2 Jahren ist der Status weiterhin ohne Nachweis von Metastasen (Abb. 6).

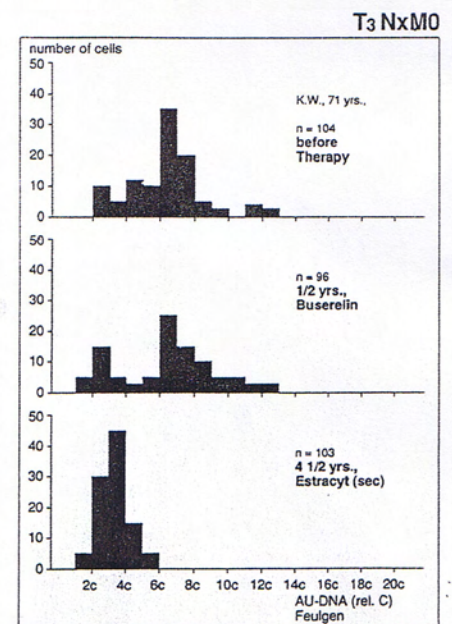


Abb. 6 Fall 2 (Klinischer Befund)

Fall 3: 43jähriger Patient mit Prostatakarzinom T3 Nx M1, histologischer und zytologischer Malignitätsgrad 3 (Score 17) (Abb. 4 und 4a): Dies ist ein Beispiel für eine primäre Resistenz gegen LH-RH-Analoga sowie eine Resistenz gegen die sekundäre Estracyt-Therapie. Vor der Buserelin-Therapie fand sich ein Häufigkeitsgipfel

im 5-, 7-, 9- sowie im 13c-Bereich mit Streuung der Meßwerte bis zu 19c. Ein diploider Anteil war hier nicht nachzuweisen. 6 Monate nach Busere-
lin-Behandlung fand sich noch ein definitiver Häufigkeitsgipfel im 6- bis 8c-Bereich mit Streuung der Meßwerte bis zu 16c. Da dieses DNS-Verteilungsmuster als ausgesprochen schlechtes Therapieergebnis angesehen werden mußte, wurde der Patient auf Estramustinphosphat umgestellt. Wie nach sekundärer Estracyt-Therapie erwies sich der Tumor, wie die DNS-Verteilung über den 16c-Bereich zeigte, also auch gegen Estracyt® resistent. Es zeigte sich eine persistierende Aneuploidie (Abb. 7). Dieser Befund korrespondiert klinisch mit einem nachweisbaren Tumoreinbruch in der Blase, deshalb wurde die Therapie auf Cyclophosphamid als tertiäre Therapie umgestellt mit der Hoffnung auf eine gewisse Hemmung der Tumorphosphat. Trotz dieser Therapieumstellung starb der Patient 8 Wochen nach der Cyclophosphamid-Behandlung an einer ausgedehnten Metastasierung.

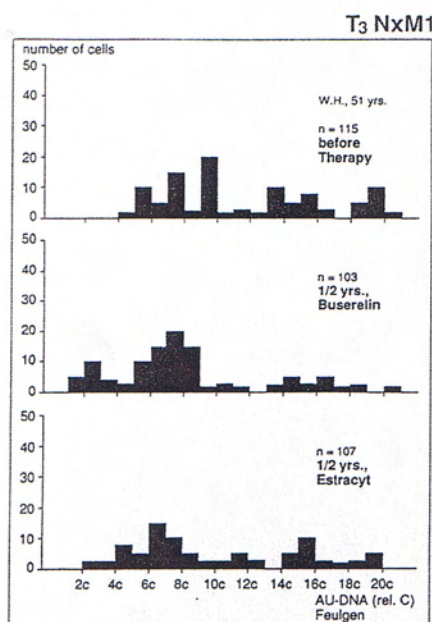


Abb. 7 Fall 3 (Klinischer Befund)

Prognostische Relevanz der DNS-Ploidie

In der Beobachtungszeit bis zu 12 Jahren konnten bei 67 Patienten (24 %) mit einem Häufigkeitsgipfel im diploiden DNS-Bereich (2c) keine Metastasierung und keine lokale Tumorphogredienz nachgewiesen werden.

Von 141 Patienten (52 %) mit zwei oder mehreren DNS-Stammlinien bzw. breiter aneuploider DNS-Verteilung hatten 65 Patienten bereits bei der Diagnosestellung Fernmetastasen und verstarben innerhalb der ersten 22 Monate an dem Tumorleiden. Bei den übrigen 76 Patienten trat nach 8 bis 36 Monaten nach der Diagnosestellung bei 73 Patienten eine Skelettmetastasierung auf. Von diesen 73 Patienten starben 67 in der Beobachtungszeit an ihrem Tumorleiden. Aus der aneuploiden Gruppe mit 141 Patienten sind bis zu 4 Jahren der Beobachtungsperiode 3 Patienten klinisch in einem stabilen Zustand.

Von den 63 Patienten in der Gruppe der polyploiden, nahen diploiden DNS-Verteilung hatten 33 Patienten eine Fernmetastasierung und verstarben trotz Therapieumstellung an ihrem Tumorleiden, weiterhin verstarben 6 Patienten an einem Herz-Kreislaufversagen. 24 Patienten aus dieser Gruppe sind klinisch stabil (Tab. 4, 6, Abb. 8).

Malignitätsgrade und Anteile der Zellzyklusphasen

Durch Zellzyklusanalyse mittels Einzelzellzytometrie kann der Anteil der Tumorzellen in G0/G1-Phase, in S-Phase und in G2/M-Phase bestimmt werden. Wie aus Tabelle 5 hervorgeht,

Tab. 5 Zellproliferation – Anteile der Aneuploidie – versus pathohistologischem Malignitätsgrad (n = 271)

Grad	(n)	Aneuploidie (%)
1	32	8–15
2	174	51–68
3	65	73

zeigt sich bei Grad-1-Karzinom ein Anteil von 8 % proliferierender Tumorzellen, während bei den Grad-2- und -3-Tumoren dieser Anteil auf 51 bzw. 71 % ansteigt. Patienten mit einem hohen aneuploiden Anteil (und mehreren aneuploiden Stammlinien) wurden früher klinisch progredient und starben früher als Patienten mit einem geringen aneuploiden Anteil und einer niedrigen Proliferationsstendenz (S, G2, M < 8 %), (Tab. 5).

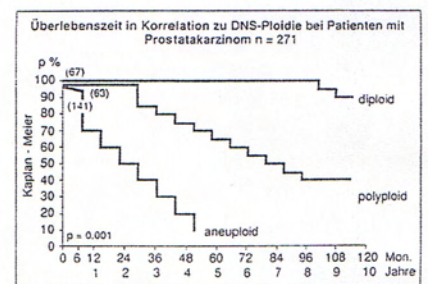


Abb. 8 Überlebenszeit in Korrelation zu DNS-Ploidie bei Patienten mit Prostatakarzinom

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse der DNS-Untersuchungen deuten auf ein unterschiedliches Wachstumsverhalten des Prostatakarzinoms und damit auf seine Heterogenität hin. Die wenigen bisher vorliegenden Untersuchungen an Prostatakarzinomen mittels der

Tab. 4 Klinischer Verlauf versus DNS-Ploidie bei 271 Patienten mit Prostatakarzinom

	DNS-Ploidie		M1		stabil		gestorben	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
diploid	67	(24)	–	–	46	(69)	21*	(31)
polyploid	63	(23)	33	(52)	24	(38)	33	(52)
					6*	(9)		
aneuploid	141	(52)	138	(98)	3	(2)	137	(97)

* Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Tab. 6 Überlebensrate versus DNS-Ploidie bei 271 Patienten mit Prostatakarzinom

DNS	3 Jahre (%)	5 Jahre (%)	9 Jahre (%)
diploid	99	97	88
polyploid	71	51	38
aneuploid	34	2	–
entsprechend Kaplan-Meyer $p > 0,001$			

Einzelzell-DNS-Zytometrie als auch mittels Durchflußzytometrie zeigen unterschiedliche Ergebnisse und berichten über hohe DNS-Werte, besonders bei entdifferenzierten Karzinomen. In unserer Studie fanden wir eine Aneuploidierate von 8% bei hochdifferenzierten Tumoren und von 71% bei schlecht differenzierten Grad-3-Tumoren (1, 6, 7, 11, 13, 18). Mit Hilfe der Einzelzellzytophotometrie können exakte DNS-Analysen durchgeführt werden, da nur diese Methode eine zuvor visuell diagnostizierte Tumorzelle mißt. Die Einzelzellphotometrie ist ein zeitaufwendiges Verfahren, weil jede Zelle von dem Untersucher in das photometrische Meßfeld eingefahren werden muß. Dem Nachteil des Zeitaufwandes steht der Vorteil gegenüber, Zellmorphologie und Zellkern-DNS-Gehalt an identischem Material bestimmen und einander zuordnen zu können. Die Position einer Zelle auf dem Objektträger kann für Nachuntersuchungen festgehalten werden (1–5, 7, 18, 20, 21).

Bei der Durchflußphotometrie werden die Zellen in Suspension gebracht und in einem schmalen, am Strahlengang des Mikroskops orientierten Flüssigkeitsstrom der DNS-Bestimmung zugeführt. Die kontinuierliche Messung der Zellen im Flüssigkeitsstrom bedingt eine hohe Meßgeschwindigkeit, allerdings fehlt jegliche Zuordnung des gemessenen DNS-Gehaltes zur Morphologie der Zelle. Jeder fluoreszierende Partikel einer Suspension wird gemessen und geht in die Häufigkeitsverteilung ein, unabhängig davon, ob es sich um einen beschädigten Zellkern, um unvollständig getrennte Zellkerne oder fluoreszierende Verunreinigungen handelt (1, 21). Eine Verschlechterung der Prognose

im individuellen Fall läßt sich aus einer breiten Streuung der DNS-Meßwerte erkennen. Eine ähnliche Aussage kann auch aus dem Verhältnis diploider zu aneuploiden Zellen abgeleitet werden (1–7, 9, 11, 13, 15, 18). Dieses Verhältnis hat besonders eine Bedeutung bei der Malignitätsgrad-2-Gruppe, die morphologisch einheitlich, aber bezüglich der Malignitätspotentiale heterogen ist. Beträgt der Anteil der diploiden Zellen (G0/G1-Phase) $> 60\%$, so ist die Prognose der Patienten günstiger als bei einem Anteil $< 60\%$. Dabei bedeutet ein hoher Anteil von G0/G1-Zellen in der Regel ein geringes Wachstum der Tumoren. Diese Unterschiede in den Überlebenszeiten sind auch innerhalb der Patienten der Malignitätsgrade 2 und 3 mit einer Abnahme der diploiden und einer Zunahme der proliferierenden aneuploiden Zellen zu erkennen.

Schlußfolgerung

Die einzelzellzytophotometrische Analyse bei 271 Patienten erlaubte in unserer Studie signifikante klinische und prognostische Aussagen. Von Bedeutung sind die Ploidie, die Anzahl der DNS-Stammlinien und die Anteile der Zellzyklusphasen.

Literatur

1. Al-Abadi, H., Nagel, R.: Nuclear DNA-Analysis: Relevance of ploidy, DNA heterogeneity and phases of the cell cycle. An 8-year study of 329 patients with prostatic carcinoma. *Urol Int* 45: 350–355; 1990
2. Al-Abadi, H., Nagel, R.: Zellkern-DNS-Analyse bei Nierenkarzinomen unter Berücksichtigung des morphologischen Malignitätsgrades. *Akt Urol* 18: 137–141; 1987
3. Al-Abadi, H., Nagel, R.: Transitional cell carcinoma of the renal pelvis and ureter: Prognostic relevance of nuclear deoxyribonucleic acid ploidy studied by slide cytometry: An 8-year survival time study. *J Urol* 148: 31–37; 1992

4. Al-Abadi, H., Nagel, R.: Deoxyribonucleic acid content and survival rates of patients with transitional cell carcinoma of the bladder. *J Urol* 151: 37–42; 1994
5. Al-Abadi, H., Nagel, R.: Prognostic relevance of ploidy and proliferative activity of renal cell carcinoma. *Eur Urol* 15: 271–276; 1988
6. Atkin, N.B., Kay, R.: Prognostic significance of modal DNA value and other factors in malignant tumors, based on 1465 cases. *Brit J Cancer* 40: 210–221; 1979
7. Auer, G., Eriksson, E., Azavedi, E., Caspersson, T., Wallgren, A.: Prognostic significance of nuclear DNA content in mammary adenocarcinomas in human. *Cancer Res* 44: 394–396; 1984
8. Baisch, H., Otto, U., König, K., Klöppel, G., Köllermann, M., Linden, W.A.: DNA content of human kidney carcinoma cells in relation to histological grading. *Brit J Cancer* 45: 878–886; 1982
9. Barlogie, B., Göhde, W., Johnston, D.A., Smallwood, L., Schumann, J., Drewinko, B., Freireich, E. J.: Determination of ploidy and proliferative characteristics of human solid tumors by pulse cytophotometry. *Cancer Res* 38: 3333; 1978
10. Blöndahl, T., Ponten, J.: DNA ploidy in small cell carcinoma of the lung. *Anticancer Res* 3: 47–52; 1983
11. Böcking, A., Adler, C.P., Common, H.H., Hilgarth, M., Granzen, B., Auffermann, W.: Algorithm for a DNA-cytophotometric diagnosis and grading of malignancy. *Anal Quant Cytol* 6: 1–8; 1984
12. Böhm, N., Sandritter, W.: DNA in human tumors: A cytophotometric study. Springer, Berlin – Heidelberg – New York: *Curr Top Pathol* 60: 151; 1975
13. Borgmann, V., Al-Abadi, H., Nagel, R.: Treatment of locally advanced prostatic carcinoma with LH-RH analogues: Cytological, DNA-cytophotometrical and clinical results. *Am J Clin Oncol (Suppl. 1)* 11: 19–28; 1988
14. Cox, D.E.: Regression models and life tables. *J Roy Stat Soc series B* 34: 187; 1982
15. Gustafson, H., Tribukait, B., Esposti, P.L.: DNA-profile and tumor progression in patients with superficial bladder tumors. *Urol Res* 10: 13–18; 1982
16. Helpap, B., Böcking, A., Dhom, G., Faul, P., Kastendieck, H., Leistenschneider, W., Müller, H.A.: Klassifikation histologisches und zytologisches Grading sowie Regressionsgrading des Prostatakarzinoms. Eine Empfehlung des Pathologisch-Urologischen Arbeitskreises „Prostatakarzinom“. *Pathologie* 6: 3–7; 1985
17. Kaplan, E.L., Meier, P.: Nonparametric estimation from incomplete observations. *J Amer Stat Ass* 53: 457, 1958
18. Leistenschneider, W., Nagel, R.: Einzelzellzytophotometrische Zellkern-DNS-Analysen beim behandelten, entdifferenzierten Prostatakarzinom und ihre klinische Bedeutung. *Urologe (A)* 22: 157–161; 1983