

KI in der Radiologie

Norbert Hosten

Was ist gemeint, wenn über KI in der Radiologie gesprochen wird?

Die Radiologie hat über die Jahrzehnte hinweg immer wieder rasch neue Technologien integriert, die sich kurz zuvor in der Gesellschaft bewährt hatten. Beispiele mit großem Einfluss auf das Fach waren das Fernsehen der 1950er Jahre (Adaption der Bildverstärkertechnik in die Röntgen-Durchleuchtung) sowie die Digitalkameras und LAN-Partys in den 1990er/2000er-Jahren (Einführung digitaler Aufnahmetechniken und digitaler Bildverteilungs- und Speichersysteme in die Röntgenabteilungen), die in der Entwicklung des „PACS“ mündeten. (Ein PACS ist ein digitales Archiv für radiologische Aufnahmen, das den Bildzugriff innerhalb eines Krankenhauses ermöglicht.)

Heute spielen Algorithmen aus der Gesichtserkennungs- und Bildverbesserungs-Software („Künstliche Intelligenz“, kurz „KI“), die Kameras in Smartphones millionenfach nutzen, eine große Rolle. Sie wurden rasch kommerziell zur Diagnosestellung für den Einsatz in der Radiologie verfügbar gemacht. Wird nun in der gesellschaftlichen Diskussion vom „Ersetzen von Radiolog*innen durch die Künstliche Intelligenz von Computern“ gesprochen, so bezieht sich der Begriff „Künstliche Intelligenz“ meist auf maschinelles Lernen. Die dieser Technik zugrunde liegenden „Neuronalen Netze“ sind seit den 1990er Jahren bekannt. Die mangelnde Leistung der damals zur Verfügung stehenden Computer stand ihrem tatsächlichen Einsatz zunächst im Wege. Dies hat sich mit der technischen Weiterentwicklung im IT-Bereich geändert. Außerdem stehen heute die notwendigen umfangreichen Datenbanken zur Verfügung. Große Bevölkerungsstudien mit MRT-Einsatz, z.B. die Greifswalder SHIP-Studie, leisten hier ihren Beitrag.

Aber wie hat man sich die Entwicklung solcher Algorithmen vorzustellen?

Stellen wir uns eine KI-Anwendung („Algorithmus“) vor, die Automarken auf Fotografien unterscheiden soll. In einem ersten Schritt werden dem Programm eine große Anzahl von Fotografien

angeboten, die Autos abbilden. Die Fahrzeuge sind aus allen Blickwinkeln fotografiert, am Tag und in der Nacht, bei Regen und bei Sonnenschein. Zu jedem Bild erhält der Algorithmus eine Information über die tatsächlich abgebildete Automarke. Die KI-Anwendung analysiert dann eine Vielzahl von Parametern; offensichtlich das Logo der Marke, wenn es sich findet, aber auch Charakteristika wie das Verhältnis Fenster zu Metall, die Länge der Scheibenwischer, die Form oder die Farben des Objekts, und die Bodenfreiheit, den Radstand usw. Für jede der angegebenen Automarken werden sich häufiger und seltener vorkommende Charakteristika finden. Manche korrelieren sehr stark mit der Automarke (z.B. das Firmenlogo) andere schwächer oder gar nicht (z.B. die Farbe). Werden der so „angelernten“ KI-Anwendung nun Fotografien von Autos angeboten, deren Marke nicht bekannt ist, kann das Programm die vorher „erlernten“ Charakteristika erkennen, analysieren und anhand des jeweiligen Verteilungsmusters eine Prognose hinsichtlich der vorliegenden Automarke machen.

Dieses Erkennungsprinzip (Trainingsdatensatz – Lernen, Muster zu erkennen – Anwendung) lässt sich auch auf medizinische Bereiche und im Speziellen auch auf die Radiologie übertragen: Auf diese Weise kann ein Computer beispielsweise „lernen“, bösartige von gutartigen Tumoren zu unterscheiden. Eine wichtige Grundlage für die Durchführung dieses Verfahrens bildet ein als „Radiomics“ bezeichnetes Teilgebiet der Radiologie, das sich gezielt mit der Erkennung von, für das menschliche Auge oft nicht sichtbaren, (mathematischen) Mustern in den radiologischen Aufnahmen einer großen Zahl von Patient*innen beschäftigt. Mit guten Trainingsdatenbanken können so im besten Fall sogar zusätzliche Aussagen zu Krankheitsbildern getroffen werden, zum Beispiel ob ein bestimmtes Therapieverfahren erfolgversprechend ist oder eben nicht. Gerade in der Behandlung von Krebserkrankungen sind viele therapeutische Verfahren sehr aufwändig und zum Teil mit starken Nebenwirkungen für die Patient*innen verbunden. Daher muss man den Einsatz dieser Therapien auf diejenigen Patient*innen beschränken, deren ganz individuelle Krebsart auch tatsächlich darauf anspricht. Die für die Radiolog*innen aus dem bildgebenden Verfahren direkt sichtbaren Bildmerkmale (die sichtbaren Charakteristika eines Autos aus dem Beispiel zuvor) reichen hier für

eine Vorhersage (Ansprechen des Tumors auf die Chemotherapie ja/nein) aber nicht aus. Glücklicherweise sind die bildgebenden Verfahren heute digitale Datensätze. Das „Radiomics“-Verfahren verzichtet auf eine bildliche Darstellung der Tumoren. Stattdessen wird mit den digitalen Zahlenwerten aus der Computertomographie gearbeitet. So analysiert das System die radiologischen Untersuchungen einer größeren (zwei- oder dreistelligen) Anzahl von Tumoren. Zu jedem Datensatz von bereits behandelten Patient*innen erhält es zusätzlich zum Beispiel die Information „Spricht gut auf die Kombination aus Bestrahlung und Chemotherapie an“ oder „Spricht nicht gut auf die Kombination aus Bestrahlung und Chemotherapie an“. Die KI-Anwendung analysiert dann die Datensätze auf Merkmale hin, die mit gutem bzw. schlechtem Ansprechen korrelieren. Die Datensätze von Tumoren neu diagnostizierter Patient*innen kann es der einen („gutes Ansprechen zu erwarten“) oder der anderen („eher kein gutes Ansprechen zu erwarten“) Gruppe zuordnen. Diese Information kann dann von den behandelnden Ärzt*innen für die Therapieentscheidung herangezogen werden.

In der Praxis konnte z.B. für bösartige Tumoren im Kopf-Hals-Bereich nachgewiesen werden, dass Unterschiede im Tumorgewebe bei der Durchlässigkeit für Röntgenstrahlung mit unterschiedlich gutem Ansprechen auf eine Kombination aus Bestrahlung und Chemotherapie zusammenhängen. Mit der Zuhilfenahme dieser schon vorhandenen, aber ohne Computer nicht auswertbaren, Daten kann also vorhergesagt werden, wie gut die individuellen Tumore verschiedener Patient*innen auf eine bestimmte Chemotherapie oder Bestrahlung ansprechen. Und das ganz ohne dass eine erneute Untersuchung notwendig wäre. Auf diese Weise können die begrenzten Mittel des Gesundheitssystems effektiver genutzt werden und den Patient*innen das Leid erspart bleiben, das durch eine erfolglose Behandlung entsteht.

Was bedeutet das alles für die Zukunft der Radiologie?

In seinem letzten Interview als Präsident der Vereinten Staaten äußerte Barack Obama im Januar 2017 eine interessante Vermutung: Er sagte voraus, dass zwei Berufe in der Zukunft mit großer Wahrscheinlichkeit verschwinden werden: der der Taxifahrer*innen

(durch autonom fahrende Autos) und der der Radiolog*innen (durch künstliche Intelligenz in der Diagnostik). Seine Ansichten sind sicherlich ernst zu nehmen. Wird dies also die Zukunft der Radiologie sein? Ein Computer, der Algorithmen zur Bildanalyse anbietet?

Bildgebende Verfahren wie die Computertomographie (CT) und die Magnetresonanztomographie (MRT, auch: Kernspintomographie) haben in den letzten Jahrzehnten einen enormen Aufschwung erlebt. Im Universitätsklinikum Greifswald wird sich im Jahre 2021 die Zahl der durchgeführten Computertomographien gegenüber 20001 mehr als verzehnfacht haben. Die Anzahl der Bilder, aus denen eine CT-Untersuchung besteht, wird in der gleichen Zeitspanne von etwa 50 auf 1.000, bei besonderen Untersuchungen (Ganzkörperuntersuchungen von Unfallopfern) auf bis zu 5.000 angestiegen sein.

Eine solche Bilderflut kann die Radiologie bereits heute nur mit Hilfe von Algorithmen auswerten, die die Befundung beschleunigen. Ein Beispiel: Serien aus Dutzenden oder hunderten Bildern können zu einem Summen-Bild zusammengefasst werden (**Abb.1**). Dieser Teil der Künstlichen Intelligenz ist sicher weniger glamourös als ein automatisch Bilder lesender Computer; sie ist aber bereits Realität und ohne einzelne solcher Verfahren wäre die Arbeitslast nicht mehr zu bewältigen. Der Ärztemangel in Regionen wie Vorpommern, der ja auch Radiolog*innen betrifft, macht diese Art der vorbereitenden Bildverarbeitung noch wichtiger. Man kann diese unterstützenden Algorithmen mit den Fahrassistenten vergleichen, die in modernen Autos eingebaut sind: Das Auto kann auch ohne sie bewegt werden. Ein Spurhalteassistent kann aber verhindern, dass der Wagen aufgrund einer Unachtsamkeit des Menschen in den Graben fährt; Müdigkeit des Fahrers kann von einem entsprechenden Assistenzsystem erkannt werden, bevor es zum gefährlichen Sekundenschlaf kommt, usw (**Abb. 2**). Das komplett autonom fahrende Auto wäre in diesem Vergleich hingegen ein die Radiologie ersetzender Computer. Wenn Radiolog*innen in diesem Szenario also in der Zukunft mit dem Diktat eines Befundes fertig sein werden, und die Spracherkennung, die dazu eingesetzt wird, einen zufriedenstellenden Text auf dem Bildschirm anzeigt, wird möglicherweise eine freundliche Stimme sagen: „Doktor, das ist gar kein schlechter Befund, aber möchtest Du nicht noch einmal auf das rechte Unterfeld schauen? Könnte da nicht

ein kleiner Tumor sein?“, oder, noch einen Schritt weitergedacht: „Doktor, die Differentialdiagnosen, die Du angibst, sind gar nicht schlecht. Aber wenn wir uns die Labordaten ansehen: gehört nicht auch die Einblutung dazu?“ Dann ist es die Entscheidung der Radiolog*innen, ob sie diese Hinweise aufnehmen, und sie werden *ihr* „Weglassen“ oder „Aufführen“ auch vertreten müssen (**Abb. 3**). Für dieses Verfahren müssen jedoch zusätzlich zu den Bilddaten auch alle klinischen Daten verfügbar sein, die im Krankenhaus zu einem Patienten vorliegen.

*Sind Computer die besseren Ärzt*innen?*

Um beurteilen zu können, was die Rolle der KI in einer zukünftigen Radiologie tatsächlich sein wird, lohnt es, sich einmal deren verschiedene Arbeitsprozesse zu betrachten.

Der tatsächliche Diagnostikbereich der Radiologie umfasst mehrere, ganz unterschiedliche Arbeitsbereiche. Sieht man von der Aufklärung der Patient*innen, der Injektion von Kontrastmitteln und der Festlegung des Untersuchungsprotokolls ab, so befunden Ärzt*innen in Weiterbildung vor allem die Untersuchungen: Sie erstellen eine erste schriftliche Beschreibung und eine Einschätzung möglicher Diagnosen, denen sie Wahrscheinlichkeiten zuordnen. Fachärzt*innen überprüfen die schriftlichen Befunde und besprechen Änderungen, die vielleicht erforderlich sind. Neben dieser „klassischen“ Arbeit gibt es in der Radiologie aber auch einen sehr wichtigen kommunikativen Teil. Auf Weiterbildungsebene besteht er in der Kommunikation mit den Ärzt*innen anderer Disziplinen, auf Facharztebene in der Vorstellung und Diskussion der Bildbefunde und der Diagnosen in den klinisch-radiologischen Konferenzen. Hier sind für wenige Minuten alle Informationen und der ganze diagnostische und klinische Sachverstand in einem Raum. Das Ergebnis der Diskussion lenkt die Behandlung der Patient*innen. Es ist nicht allen Radiolog*innen gegeben, dies wirklich zu beherrschen. Gutmütige und humorvolle Schlagfertigkeit und auch die Erkenntnis, dass man sich in einer Hierarchie bewegt, gehören dazu.

Nach allgemeiner Einschätzung sind solche Fähigkeiten zur interpersonellen Kommunikation zwischen sehr gut ausgebildeten und

Angehörigen gerade medizinischer Fächer kaum maschinell abzubilden. Man kann gespannt sein ob es jemals möglich sein wird und, falls ja in welcher Form. Die Befundung dagegen, d.h. die Übersetzung eines Bildes in eine allen Ärzt*innen verständliche Sprache, kann möglicherweise, wie schon Obama vermutete, tatsächlich zu einem großen Teil von angelernten Maschinen erledigt werden. Das Anlernen der Algorithmen erledigen allerdings Menschen.

Was bedeutet der Einsatz von KI in der Medizin für die Gesellschaft?

Die Probleme verschiedener KI-Anwendungen aus unterschiedlichsten Bereichen (Medizin, Straßenverkehr,...) sind spannenderweise oft sehr ähnlich. Die Enquete-Kommission „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökonomische Potenziale“ des Deutschen Bundestages hat am 28. Oktober 2020 ihren Abschlussbericht vorgelegt. Auf den 794 Seiten des sehr umfassenden Berichtes werden u.a. rechtliche, auch datenschutzrechtliche und ethische Probleme dargelegt. Die teilweise ungenügenden Voraussetzungen für den Einsatz von KI-Anwendungen in der Medizin in Deutschland werden offen benannt und haben auch zu Förderungen geführt, die den Krankenhäusern vor Ort helfen sollen, „Fit for Digital“ oder „Fit for KI“ zu werden. Das Bundeskabinett hat dazu am 2. September 2020 ein Investitionsprogramm für Krankenhäuser beschlossen, das 4 Milliarden Euro für die Modernisierung von Krankenhäusern vorsieht.

Grundsätzlich begrüßt der KI-Bericht der Enquetekommission die Entwicklung und den Einsatz von KI-Anwendungen in Deutschland. Es ist wichtig, dass beides in Deutschland wertegeleitet sein soll und – nun ja – gesteuert werden muss. Unter „wertegeleitet“ ist eine Beherrschung der KI durch Menschen zu verstehen. Es soll also keinen Transhumanismus geben. „Die Drohne darf nicht selbst entscheiden“ könnte man ganz zugespitzt sagen. Dazu ein Beispiel aus einem anderen Lebensbereich. Ein Roboter, der einen Rasen mäht, ist ein relativ einfaches, selbstfahrendes Fahrzeug. Die für seinen Einsatz zu bewältigenden Probleme sind aber nicht grundsätzlich anders als die des „Autonomen Fahrens“ im öffentlichen Straßenverkehr. Der

selbstfahrende und selbst die Wiese kürzende Rasenmäher wird wie andere KI-Anwendungen an Trainings-Datensätzen geschult. Er lernt, zu mähenden Rasen zu erkennen und ihn von Blumenrabatten zu unterscheiden. Er wird im Erkennen von Grundstücksgrenzen geschult, damit er – nachdem er bei seinen Besitzer*innen gründlich gemäht hat - sich nicht auf der Suche nach Rasen auf die Straße begibt. Vor allem darf er natürlich auch nicht in den Garten der Nachbar*innen fahren und unten den dortigen Blumen tätig werden. Geschieht dies, so stellt sich sofort die Frage, wer zu haften hat. Die Besitzer*innen des Roboters? Die Herstellerfirma des Endgerätes? Das IT-Unternehmen, das die Software bereitstellt? Oder gar die Urheber*innen der Trainingsdatensätze? Der Gesetzgeber hat diese Probleme identifiziert. Beim Rasenmäh-Roboter mag man noch amüsiert die Achseln zucken, aber schon hier sind ernsthafte Probleme vorstellbar: Personenschäden, ernsthafte Sachschäden. Denkt man weiter über Transhumanismus nach, so lohnt es sich, einmal das rechtliche Feld zu verlassen. Wem gehört die Welt? Darf man die Mutter, die mit ihren beiden Kindern unterwegs ist, stranden lassen, weil der Akku ihres Smartphones leer ist und die Gesellschaft aus Kostengründen schon lange keine „echten“ Wegweiser mehr aufstellt (das gelbe Blechschild mit dem schwarzen Pfeil, das in schwarzen Buchstaben die Richtung nach „Greifwald“ anzeigt?).

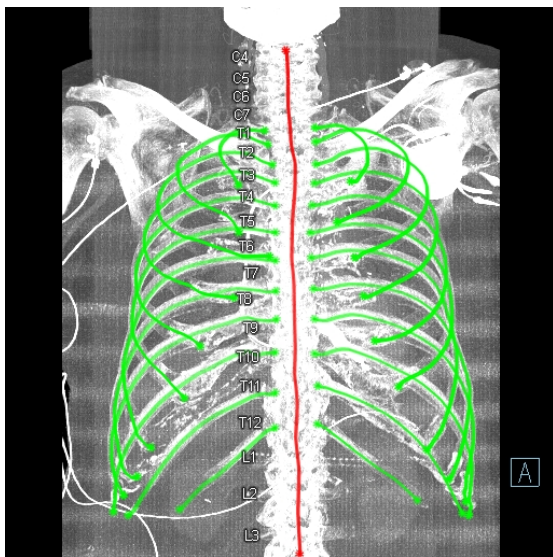
Radiology for future

Man muss der Einschätzung der Enquetekommission KI zustimmen, dass man sich einer so potenten Technologie wie der künstlichen Intelligenz als Gesellschaft nicht verschließen kann. Für eine Universitätsmedizin, die ja sowohl die bestmögliche Betreuung der Patient*innen gewährleisten als auch junge (angehende) Ärzt*innen zukunftssicher ausbilden und Forschung zur Verbesserung der Versorgung durchführen muss, bedeutet dies zurzeit noch ein Sich-damit-vertraut-machen. Erfahrungen im Einsatz müssen gesammelt werden. In der Versorgung von Patienten ist eine Rolle der KI als diagnostischer „Spurhalteassistent“ wünschenswert. Das Für und Wider der KI in der Diagnostik müssen alle Beteiligten aus eigener Erfahrung beurteilen können.

Dieser Artikel wurde durch das Interreg Programm der Europäischen Union, Förder-Kennz. FKP-0293-20-C ermöglicht (<http://ai-radiology.eu>)

Legenden

Abb. 1: Rippen-Rekonstruktionen im CT, Bildunterschrift: Die Beurteilung der Rippen ist in computertomografischen Schichten oft ein Problem, auch ein Problem des zeitlichen Aufwandes. Radiolog*innen müssen mit dem Blick alle 24. Rippen (12 pro Seite) in ihrer ganzen Länge „abfahren“. Eine Rippe ist oft auf mehreren Schichten verteilt abgebildet **(a)**. Eine moderne Rekonstruktion **(b)** stellt alle Rippen, z.B. bei verunfallten Patient*innen auf einem Bild ausgebreitet dar („Fischgräten“). Die Beurteilung nimmt nur „einen Augenblick“ in Anspruch.



(a)

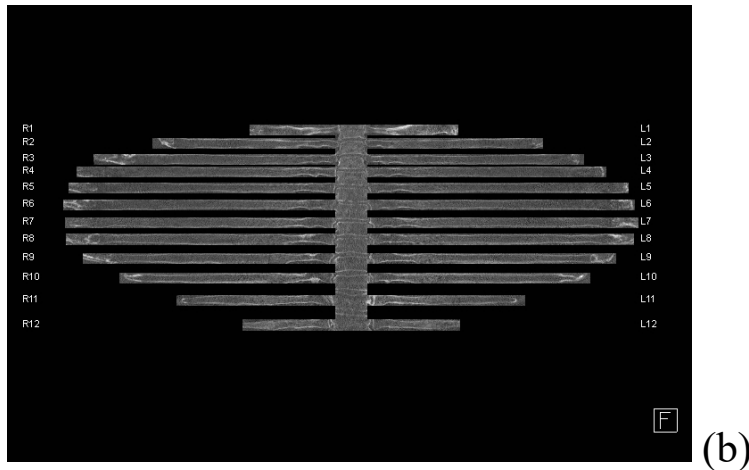
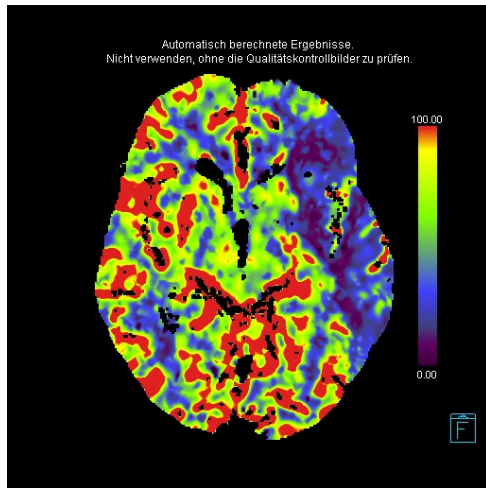
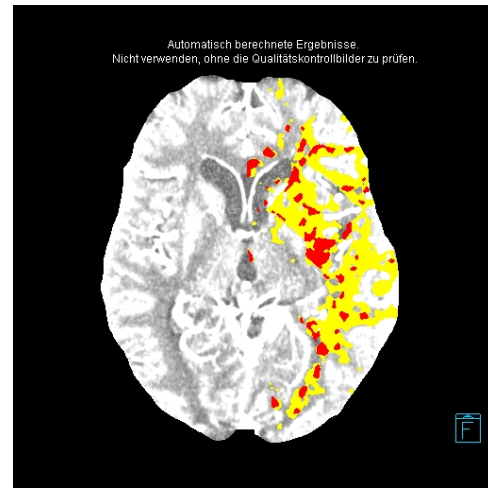


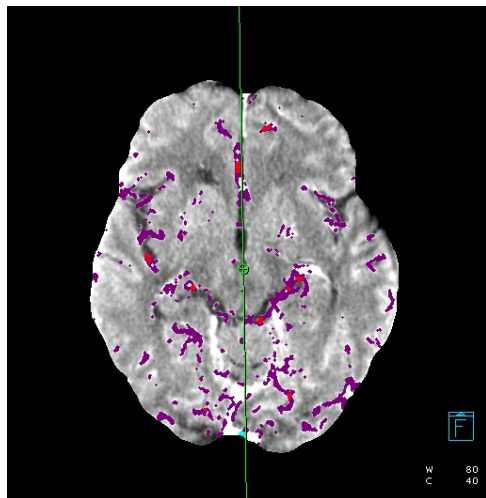
Abb. 2: Die Computertomographische Diagnostik bei Schlaganfallpatienten darstellen, welches Hirngewebe durch eine Therapie noch zu retten ist. Dazu sind bisher händische Markierungen an den Rohbildern notwendig, die Zeit in Anspruch nehmen. Fortschrittliche Computertomographen haben die Auswertung automatisiert. **(a)** zeigt nicht mehr durchblutetes Hirngewebe rechtsseitig (Blau markiert). **(b)** Die durch Algorithmen ausgewertete Aufnahme zeigt, dass der Patient von einer Behandlung profitiert: Hirnanteile, die noch zu retten sind, werden automatisch gelb markiert. Der Hersteller des Programm hat dieses mit einem entsprechenden Warnhinweis versehen – „Automatisch berechnete Ergebnisse. Nicht verwenden, ohne die Qualitätskontrollbilder zu prüfen.“ Mittels machine learning erkennt das Programm **(c)** die Mittellinie, die die rechte von der linken Hirnhälfte trennt (vertikale grüne Linie) und markiert Venen (rot) und Arterien (violett).



(a)



(b)



(c)

Abb. 3: Befundung von Röntgenbildern der Lunge mit einem Computerprogramm (Studienbild, nicht in der Patientenbehandlung eingesetzt!). Das Programm markiert den verdächtigen Bereich (rechte Röntgen-Bildhälfte), nennt eine Verdachtsdiagnose im Klartext („Pulmonary Infection“) und gibt eine Wahrscheinlichkeit für die Diagnose an (rechtes Fenster, „60 % abnormal probability“).

inferVISION

Anonymized - 0000673507
PA

Thorax 2 Ebenen
20160611

Summary

Suspected Lesions 1

Pulmonary infection

66%
Abnormal probability

Lesion List

1 Pulmonary infection

img: 1 (1/1)
2777 x 3901
Loc: 0.00 mm
Thickness: 0.00 mm
Thorax pa

Zoom: 34%
Lossless / Uncompressed
W 4095 L 2048