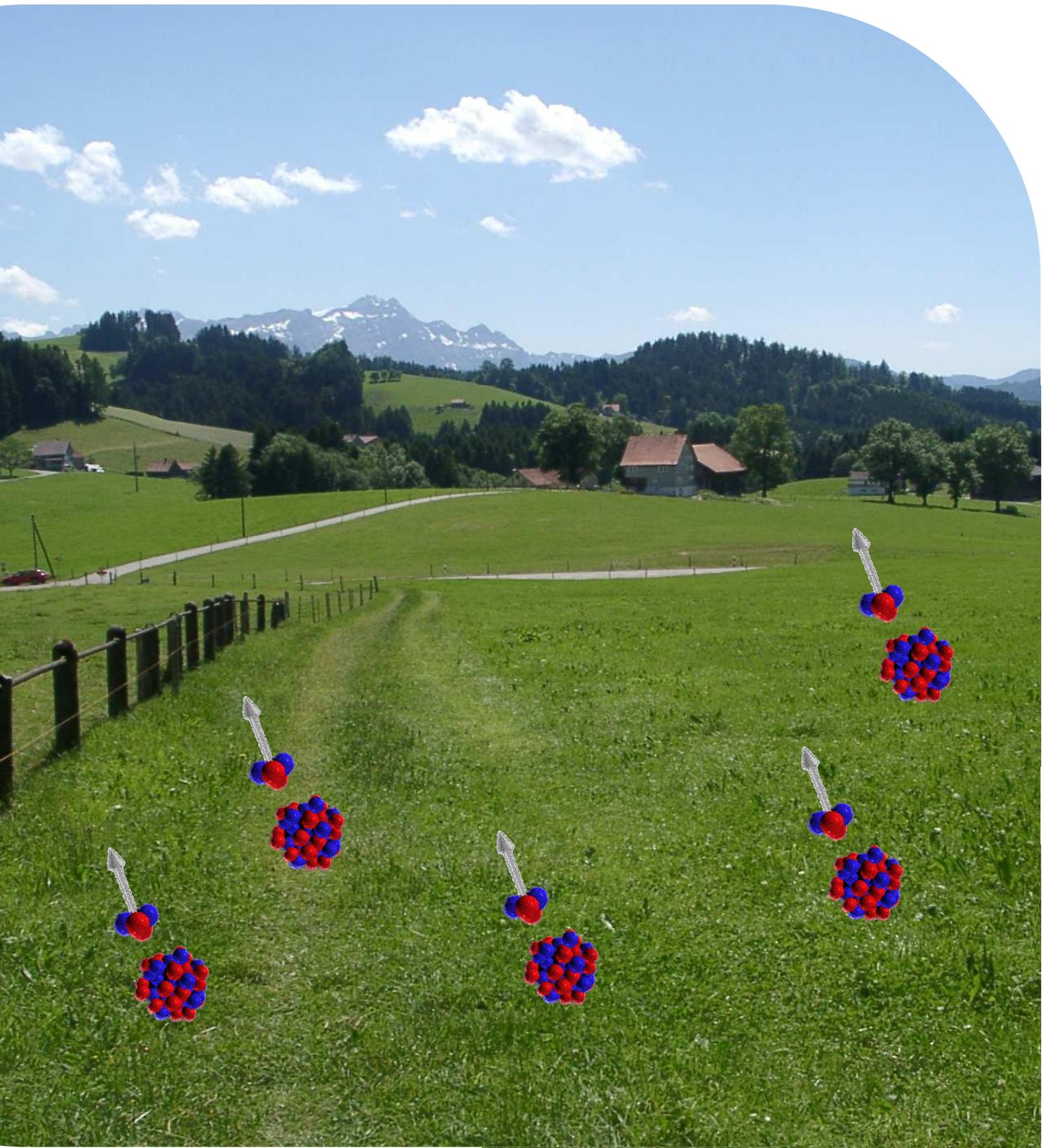


Radon im Kanton Appenzell Ausserrhoden

Zwischenbericht 2012





Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	03
2.	Grundlagen	03
2.1.	Richt- und Grenzwerte (Strahlenschutzverordnung)	03
2.2.	Radongebiete	03
2.3.	genügende Anzahl von Messungen	04
2.4.	Kriterien zur Bestimmung des Radonrisikos in Gemeinden	04
2.5.	Revision der Strahlenschutzverordnung	05
3.	Messungen im Kanton Appenzell Ausserrhoden	05
3.1.	Anzahl Messungen	05
3.2.	Kampagnen	06
3.3.	Auswahl der Häuser	07
3.4.	Anzahl Messungen pro Haus	07
3.5.	Anzahl ausgemessener Häuser	07
4.	Resultate	09
4.1.	Grenz- und Richtwertüberschreitungen	09
4.2.	Beurteilungswerte für die Festlegung der Radonrisikogebiete	10
4.3.	Mittelwerte, Median	10
4.4.	Häufigkeiten	12
4.5.	Streuung	13
4.6.	unbewohnte Räume	15
5.	Geografische Verteilung und geologische Zusammenhänge	18
6.	Fazit, weiteres Vorgehen	19



1. Zusammenfassung

Der Bund sieht vor, dass die Kantone in ihrem Gebiet Messungen zur Bestimmung der Radonkonzentration in bewohnten Gebäuden durchführen und die Gebiete mit erhöhten Radongaskonzentrationen bestimmen. Im Rahmen verschiedener Messkampagnen wurde in den Gemeinden des Kantons Appenzell Ausserrhoden eine genügende Anzahl von Messungen durchgeführt und Radongebiete ausgeschieden. In keiner der Gemeinden ist das Risiko einer erhöhten Radonkonzentration als gross einzuschätzen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass trotz des kleinen Risikos nicht ausgeschlossen werden kann, dass in einzelnen Gebäuden die Belastung den gesetzlich festgelegten Grenzwert überschreitet. Ein einfacher Zusammenhang zwischen gemessener Radonkonzentration und geografischer Lage oder der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes kann jedoch nicht hergestellt werden.

2. Grundlagen

2.1. Zuständigkeit im Kanton Appenzell Ausserrhoden

Die gesetzlichen Vorschriften zur Überwachung der Radonkonzentration finden sich in Kapitel 8 (Überwachung der Umwelt und der Lebensmittel), Abschnitt 3 (erhöhte Radonkonzentrationen) der eidgenössischen Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501). Gemäss Vereinbarung von 1998 mit dem Departement Gesundheit wurde dem Amt für Umwelt die Zuständigkeit für den Vollzug in diesem Bereich zugewiesen.

2.2. Richt- und Grenzwerte (Strahlenschutzverordnung)

Art. 110 Grenzwerte und Richtwert

¹Für Radongaskonzentrationen in Wohn- und Aufenthaltsräumen gilt ein über ein Jahr gemittelter Grenzwert von 1000 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³).

⁴Bei Neu- und Umbauten (Art. 114) sowie bei Sanierungen (Art. 113 und 116) gilt ein Richtwert von 400 Bq/m³, soweit dies mit einfachen baulichen Massnahmen erreicht werden kann.

Wird in einem Arbeitsraum oder in einem bewohnten Raum, welcher vermietet ist, der Grenzwert von 1000 Bq/m³ überschritten, so ist der Eigentümer verpflichtet, Massnahmen zur Reduktion der Radonbelastung zu treffen. Wird der Raum vom Eigentümer selbst bewohnt, so liegt das Umsetzen von Massnahmen in seiner Eigenverantwortung.

Wird in bewohnten Räumen der Richtwert von 400 Bq/m³ überschritten, so empfiehlt der Kanton dem Eigentümer, Massnahmen zur Reduktion der Radonbelastung vorzukehren



2.3. Radongebiete

Art. 115 Radongebiete

¹Die Kantone sorgen dafür, dass auf ihrem Gebiet eine genügende Anzahl von Messungen durchgeführt wird.

²Sie bestimmen die Gebiete mit erhöhten Radongaskonzentrationen und passen diese aufgrund der Daten der Messungen laufend an.

2.4. Genügende Anzahl von Messungen

Gemäss Empfehlungen des BAG liegt in kleinen Gemeinden die genügende Anzahl ausgemessener Häuser bei der Quadratwurzel aus der Gesamtanzahl bewohnter Häuser, in grösseren Gemeinden bei 20 Häusern.

	Häuser bewohnt	$\sqrt{\quad}$	genüg. Anz.		Häuser bewohnt	$\sqrt{\quad}$	genüg. Anz.
Bühler	363	19.1	19	Schwellbrunn	379	19.5	19
Gais	698	26.4	20	Speicher	924	30.4	20
Grub (AR)	267	16.3	16	Stein (AR)	379	19.5	19
Heiden	928	30.5	20	Teufen (AR)	1242	35.2	20
Herisau	2710	52.1	20	Trogen	468	21.6	20
Hundwil	268	16.4	16	Urnäsch	589	24.3	20
Lutzenberg	313	17.7	18	Wald (AR)	253	15.9	16
Rehetobel	490	22.1	20	Waldstatt	391	19.8	20
Reute (AR)	212	14.6	15	Walzenhausen	598	24.5	20
Schönengrund	118	10.9	11	Wolfhalden	544	23.3	20

Tab. 1: Anz. auszumessender Gebäude pro Gemeinde

2.5. Kriterien zur Bestimmung des Radonrisikos in Gemeinden

Für die Klassierung einer Gemeinde bezüglich der Radongaskonzentration auf ihrem Gebiet wird gemäss der Einteilung des BAG verfahren. Das BAG verwendet eine Klassierung, welche sich auf das arithmetische Mittel der Radongaskonzentrationen in bewohnten Räumen stützt. Es wird die in Tabelle 2 dargestellte Unterteilung des «Radonrisikos» verwendet.

Arithmetisches Mittel	Radonrisiko
<100 Bq/m ³	klein
100–200 Bq/m ³	mittel
>200 Bq/m ³	gross

Tab. 2: Kriterien zur Festlegung des Radonrisikos



2.6. Revision der Strahlenschutzverordnung

Verschiedene internationale Studien zeigen auf, dass das Risiko für Lungenkrebs im Zusammenhang mit einer Radonexposition in Wohnräumen höher ist als bisher angenommen. In Anbetracht des neuen Kenntnisstandes veröffentlichte die WHO aktualisierte Empfehlungen und legte insbesondere einen maximalen Wert von 300 Bq/m^3 fest. Diese neue Situation hat das schweizerische Bundesamt für Gesundheit (BAG) veranlasst, einen Radonaktionsplan für die Jahre 2012 – 2020 auszuarbeiten und dem Bundesrat zur Genehmigung vorzulegen. Im Mai 2011 wurde dieser vom Bundesrat genehmigt und das BAG mit dessen Umsetzung beauftragt. Der Aktionsplan umfasst zwei Etappen: In einer ersten Phase von 2012 bis 2014 sollen die gesetzlichen Grundlagen angepasst und Vorbereitungen getroffen werden; in einer zweiten Phase von 2014 bis 2020 sollen die in der neuen Gesetzgebung festgelegten Massnahmen umgesetzt werden.

Die in einer ersten Fassung vorliegende, vom BAG ausgearbeitete, revidierte Strahlenschutzverordnung sieht unter anderem eine Anpassung der Richt- und Grenzwerte an das internationale Niveau vor. Demzufolge soll der Grenzwert neu bei 300 Bq/m^3 festgelegt werden und der Richtwert bei 100 Bq/m^3 .

	Aktuell geltend nach StSV	Vorgesehen in Revision StSV
Grenzwert	1000 Bq/m^3	300 Bq/m^3
Richtwert	400 Bq/m^3	100 Bq/m^3

Tab. 3: Grenz- und Richtwerte für die Radonbelastung in bewohnten Räumen

3. Messungen im Kanton Appenzell Ausserrhoden

3.1. Anzahl Messungen

Bereits in den 90iger-Jahren wurden im Kanton Appenzell Ausserrhoden einige wenige Radonmessungen durchgeführt. Mit Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung im Jahr 1994 wurden die Kantone dazu verpflichtet, auf ihrem Gebiet eine genügende Anzahl von Messungen (siehe Kapitel 2.4) durchzuführen. Im Jahr 1998 wurde dem Amt für Umwelt die Zuständigkeit für den Vollzug der Strahlenschutzverordnung zugewiesen. Um die Mindestanzahl durchgeführter Messungen zur Ausscheidung des Radonrisikos zu erreichen, führte das Amt für Umwelt während den Heizperioden 1999/2000 und 2003/2004 Radonmesskampagnen durch. 2009 forderte das BAG die Kantone auf, insbesondere in Gemeinden mit mittlerem und hohem Radonrisiko zusätzliche Messungen durchzuführen. Dies hat das Amt für Umwelt veranlasst, in den Heizperioden 2009/2010 und 2010/2011 erneut Messkampagnen durchzuführen.



Gemeinde	Jahr									Total
	<2000	2000	2004	2005	2006	2009	2010	2011	2012	
Bühler		24	13					8	7	52
Gais		34	6					4		44
Grub (AR)			31					6		37
Heiden		18	22				2	12		54
Herisau	1	40			2		2	38	4	87
Hundwil			32							32
Lutzenberg			35					2	2	39
Rehetobel		24	14				99	15	4	156
Reute (AR)		14	14							28
Schönengrund		14	5					2		21
Schwellbrunn	6	22	14					4		46
Speicher	3	34	4		2			9		52
Stein (AR)		22	12				40	6	2	82
Teufen (AR)	1	38			3		83	60	2	187
Trogen	4	26	10			1	2	4		47
Urnäsch	9	22	14	4			3	4		56
Wald (AR)		20	12				50	10		92
Waldstatt		22	18					9		49
Walzenhausen		23	16		2			2		43
Wolfhalden		20	14				2			36
Total	24	417	286	4	9	1	283	195	21	1240

Tab. 4: Durchgeführte Messungen pro Jahr

3.2. Kampagnen

Zeitperiode	Kurzbeschreibung Ablauf
Winter 1999 / 2000	Auswahl der Häuser durch die Gemeinden. Verteilung und Einsammeln im Rahmen von Zivilschutzübungen durch Dienstpflichtige. → <i>Sehr schlechte Rücklaufquote. Sehr schlechte Auswertbarkeit aufgrund ungenügender oder falscher Beschriftung. Das Ziel von genügenden Messungen wurde bei weitem verfehlt.</i>
Winter 2003 / 2004	Auswahl der Häuser durch die Gemeinden. Verteilung und Einsammeln durch AfU. → Grosser zeitlicher Aufwand für AfU.
Winter 2009 / 2010	Aufruf über Lokalpresse in den vier Gemeinden mit mittlerem Radonrisiko. Versand und Rücksendung der Dosimeter per Post. → Vertretbarer zeitlicher Aufwand für AfU. Gute Rücklaufquote
Winter 2010 / 2011	Aufruf in Appenzeller-Tagblatt. Versand und Rücksendung der Dosimeter per Post. → Vertretbarer zeitlicher Aufwand für AfU. Verhaltene Beteiligung

Tab. 5: Durchgeführte Messkampagnen in Appenzell Ausserrhoden



3.3. Auswahl der Häuser

Bei der Auswahl der auszumessenden Häuser wurde der Fokus auf Gebäude mit grösserer Wahrscheinlichkeit für erhöhte Radonkonzentrationen gelegt. Die Kriterien waren insbesondere:

- Gebäude älterer Baujahre
- Keller mit Naturboden oder anderen undichten Bodenbelägen
- Gebäude in Hanglage

3.4. Anzahl Messungen pro Haus

In der Regel wurden pro Haus immer mindestens zwei Messungen durchgeführt. Die eine Messung erfolgte jeweils im untersten bewohnten Stockwerk, nach Möglichkeit direkt über einem Kellergeschoss mit unbefestigtem Untergrund oder mit direktem Kontakt zum Untergrund. Diese Messresultate können dann direkt mit den geltenden Richt- und Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung (siehe Kap. 1.1.) verglichen werden, da diese nur für bewohnte Räume gelten.

Obwohl für unbewohnte Räume keine gesetzlichen Regelungen gelten, wurde in möglichst jedem ausgemessenen Haus eine zusätzliche Messung an der wahrscheinlichsten Eintrittsstelle für Radon durchgeführt. Meist waren dies Naturkeller.

Bei Grenz- und Richtwertüberschreitungen wurde die Messung in jedem Falle in der nächsten Heizperiode wiederholt, um Messfehler auszuschliessen. Meist wurden dann auch gleich einige zusätzliche Messungen in zusätzlichen Räumen durchgeführt, um den Eintrittsort des Radons zu lokalisieren.

3.5. Anzahl ausgemessener Häuser

Wie in Art. 117 der Strahlenschutzverordnung verlangt, sorgen die Kantone dafür, dass auf ihrem Gebiet eine genügende Anzahl Messungen durchgeführt werden. Selbstverständlich ist es sinnvoll eine möglichst hohe Anzahl an Messungen anzustreben, um eine möglichst verlässliche Aussage über das in einem Gebiet herrschende Radonrisiko machen zu können.

Wie der Abb. 1 entnommen werden kann, sind in allen Gemeinden des Kantons Appenzell Ausserrhoden bereits mehr als die vom BAG verlangte Mindestanzahl an Messungen durchgeführt worden. Dies war bereits nach der Messkampagne 2003/2004 der Fall. Jedoch liegt die Anzahl in vielen Gemeinden nur wenig über der genügenden Anzahl.

Betrachtet man die Anzahl der bereits ausgemessenen Häuser in Relation zur Gesamtzahl bewohnter Gebäude pro Gemeinde fällt auf, dass in vielen Gemeinden noch ein sehr kleiner Anteil Häuser ausgemessen ist. Es ist daher sehr unsicher, auf Grund der relativ wenigen Messungen, eine verlässliche Aussage zum Radonrisiko in den einzelnen Gemeinden zu machen.

Bis anhin wurden im Kanton Appenzell Ausserrhoden insgesamt in 611 Häuser Radonmessungen durchgeführt. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 5.04 %.

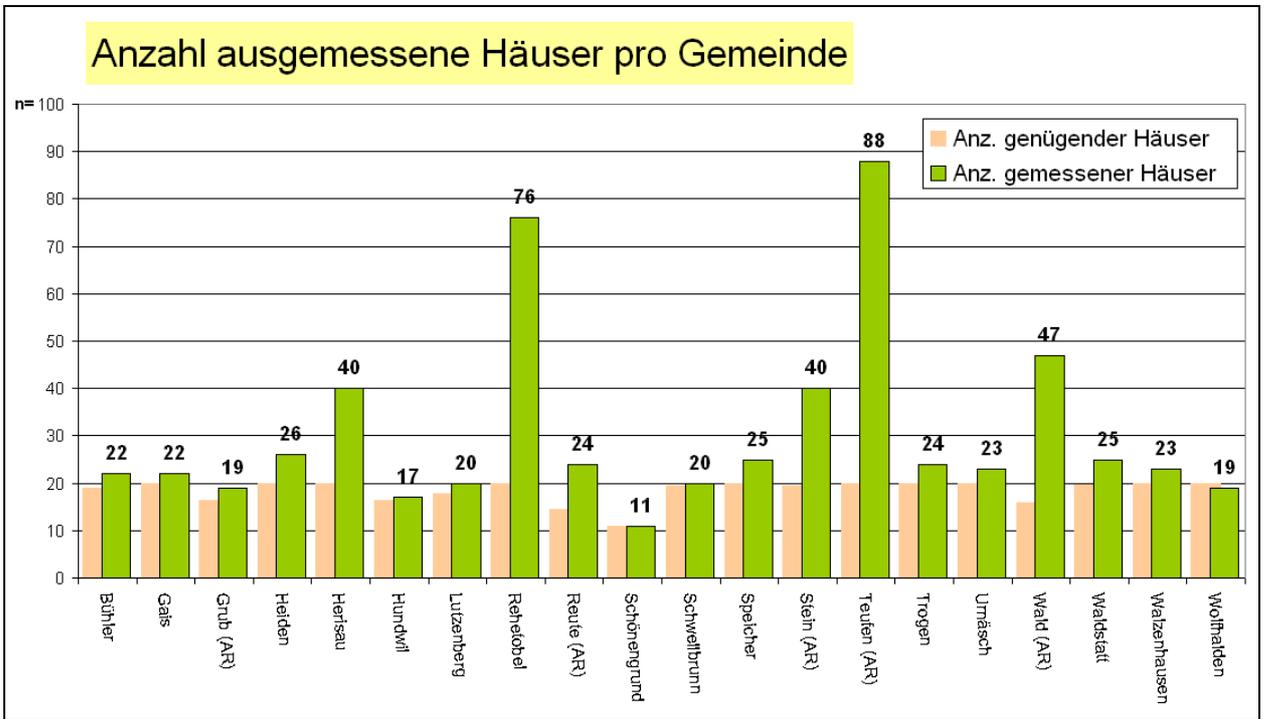


Abb. 1

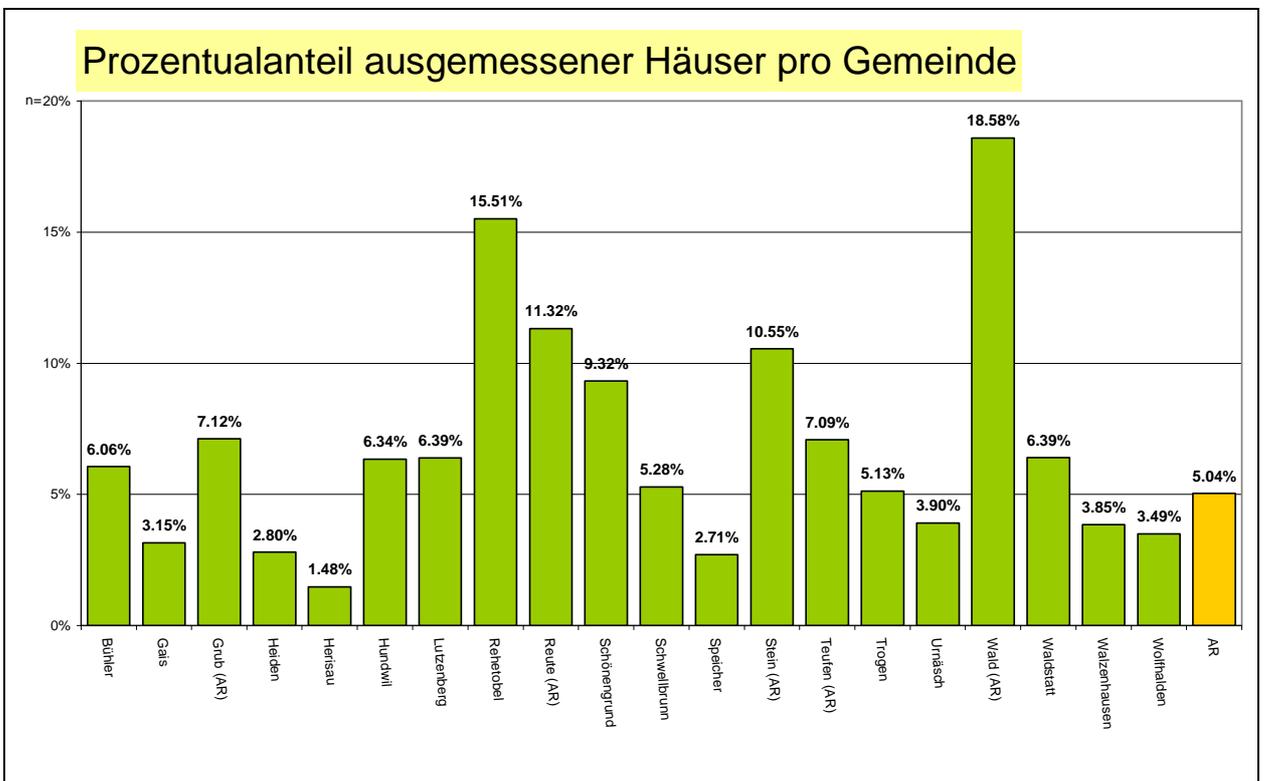


Abb. 2



4. Resultate

4.1. Grenz- und Richtwertüberschreitungen

Die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Richt- und Grenzwerte beziehen sich nur auf bewohnte Räume. In den insgesamt im Kanton Appenzell Ausserrhoden ausgemessenen 611 Häuser wurden 7 Richtwertüberschreitungen und 4 Grenzwertüberschreitungen festgestellt. Sämtliche Richt- und Grenzwertüberschreitungen konnten mit Nachmessungen in der darauf folgenden Heizperiode belegt werden.

	Anz Häuser	Richtwertüberschreitungen	Grenzwertüberschreitungen	R ₀ Bew.	R _{max} bew.	Stdabw	% Stdabw	R ₀ ohne R _{max}	Unteres Quartil	Oberes Quartil	Minimalwert	Median	Maximalwert	Innerer Quartilabstand
Bühler	22		1	138	1172	242	175%	89	47	105	19	65	1172	57
Gais	22			58	142	36	62%	54	49	72	44	54	142	23
Grub (AR)	19			77	227	46	60%	69	58	93	39	71	227	35
Heiden	26			73	235	48	66%	66	54	92	30	63	235	38
Herisau	40			89	294	60	68%	83	56	109	28	77	294	54
Hundwil	17			45	148	38	84%	39	31	51	9	43	148	21
Lutzenberg	20			92	307	70	76%	81	64	109	25	77	307	45
Rehetobel	76	2		115	773	117	101%	107	64	138	25	83	773	74
Reute (AR)	24			42	143	47	112%	37	46	86	38	70	143	40
Schönengrund	11			48	97	30	63%	43	45	67	30	65	97	22
Schwellbrunn	20			84	261	60	72%	75	50	107	15	64	261	57
Speicher	25			89	336	77	87%	79	58	90	8	65	336	32
Stein (AR)	40	2		114	658	111	98%	100	62	120	26	76	658	58
Teufen (AR)	88	1	2	123	1590	205	167%	106	62	125	27	83	1590	63
Trogen	24			93	196	50	54%	89	73	124	20	94	196	50
Urnäsch	23		1	170	1639	350	206%	104	59	152	22	75	1639	93
Wald (AR)	47	2		119	752	141	118%	105	55	136	30	75	752	81
Waldstatt	25			81	155	43	53%	78	62	112	27	87	155	50
Walzenhausen	23			89	258	75	84%	81	57	115	22	82	258	58
Wolfhalden	19			58	187	53	92%	51	61	103	22	72	187	42
TOTAL	611	7	4	108	1639	137	127%	96	54	112	8	75	1639	58

Tab.6: Zusammenfassung der Messresultate

4.2. Beurteilungswerte für die Festlegung der Radonrisikogebiete

Wie bereits in Kapitel 2.5 erwähnt, hat das BAG für die Einteilung der Gemeinden in Radongebiete die Beurteilungswerte 100 Bq/m^3 für „mittleres Radonrisiko“ und 200 Bq/m^3 für „hohes Radonrisiko“ festgelegt. Diese beziehen sich auf das arithmetische Mittel der Messresultate in bewohnten Räumen. Wie der Tab. 5 entnommen werden kann, wären demzufolge insgesamt sechs Gemeinden des Kantons Appenzell Ausserrhoden als Gebiete mit „mittlerem Radonrisiko“ zu bezeichnen. Betrachtet man den ganzen Kanton als ein einziges Gebiet, müsste dieses der Radon-Risiko-Klasse „mittleres Radonrisiko“ zugeteilt werden, da das arithmetische Mittel sämtlicher Messungen den Beurteilungswert von 100 Bq/m^3 knapp überschreitet. Die Gemeinden Bühler und Urnäsch haben den Beurteilungswert erst nach den Messungen in den Jahren 2011 und 2012 überschritten. Bei Teufen, Stein, Wald und Rehetobel war dies bereits nach der Messkampagne von 2004 der Fall. Die offizielle Einteilung in die Radon-Risikogebiete wird vom BAG auf Antrag der Kantone hin vorgenommen. Der Kanton Appenzell Ausserrhoden hat bis anhin auf einen Antrag zur Einteilung der Gemeinden Urnäsch und Bühler verzichtet, da mit grosser Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden kann, dass nach Anpassung der sich in Revision befindenden Strahlenschutzverordnung die Radon-Risikogebiete hinfällig werden.

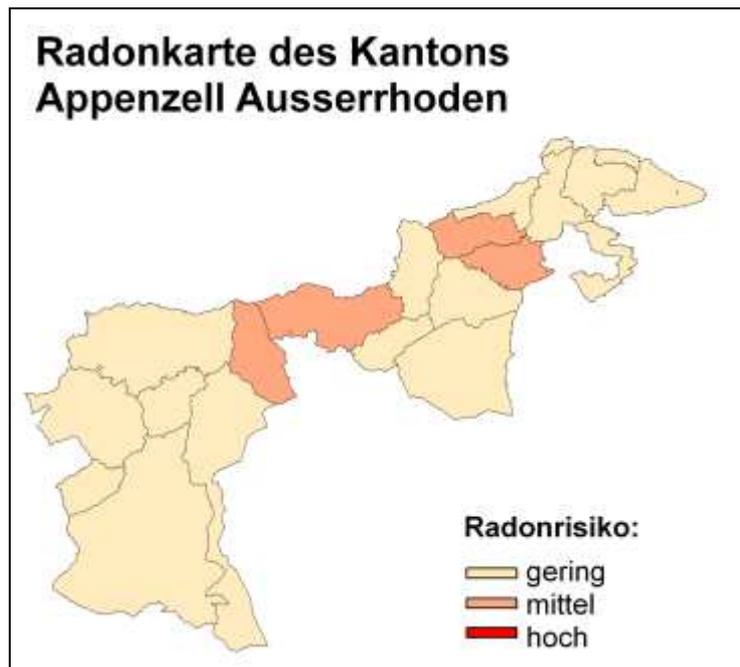


Abb. 3

4.3. Mittelwerte, Median

Insbesondere bei einer kleinen Anzahl von Daten (Messresultate) wird das arithmetische Mittel durch einzelne Ausreisser stark beeinflusst. Zur Auswertung von Stichproben ist das arithmetische Mittel daher nicht geeignet. Die Aussagekraft des arithmetischen Mittels kann durch das Herausstreichen von Extremwerten (Ausreissern) verbessert werden. Noch besser eignet sich der Median, welcher in der induktiven Statistik zur Herleitung von Eigenschaften einer Grundgesamtheit aus Stichproben normalerweise herangezogen wird.

Im nachstehenden Diagramm sind daher nebst dem arithmetischen Mittel auch das arithmetische Mittel nach Wegstreichung des jeweils grössten Wertes sowie der Median der gemessenen Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen dargestellt. Würde der Median zur Beurteilung des Radonrisikos herangezogen, was eigentlich logisch wäre, so würde in keiner Gemeinde des Kantons Appenzell Ausserrhoden der Beurteilungswert für „mittleres Radonrisiko“ überschritten. In gewissen Gemeinden erreicht das arithmetische Mittel beinahe das 3. Quartil oder überschreitet es gar (Bühler, Urnäsch). Dies verdeutlicht die starke Beeinflussung des arithmetischen Mittels durch einzelne Ausreisser und der sich dadurch ergebenden Verfälschung bei der Beurteilung des Risikos in den betroffenen Gemeinden.

Der arithmetische Mittelwert über das ganze Kantonsgebiet liegt bei 108 Bq/m^3 . Streicht man den höchsten gemessenen Wert, reduziert sich der Mittelwert bereits auf 96 Bq/m^3 . Der Median liegt gar bei nur 75 Bq/m^3 . Diese grosse Diskrepanz deutet darauf hin, dass für eine verlässlichere Beurteilung des Radonrisikos mehr Messungen erforderlich wären.

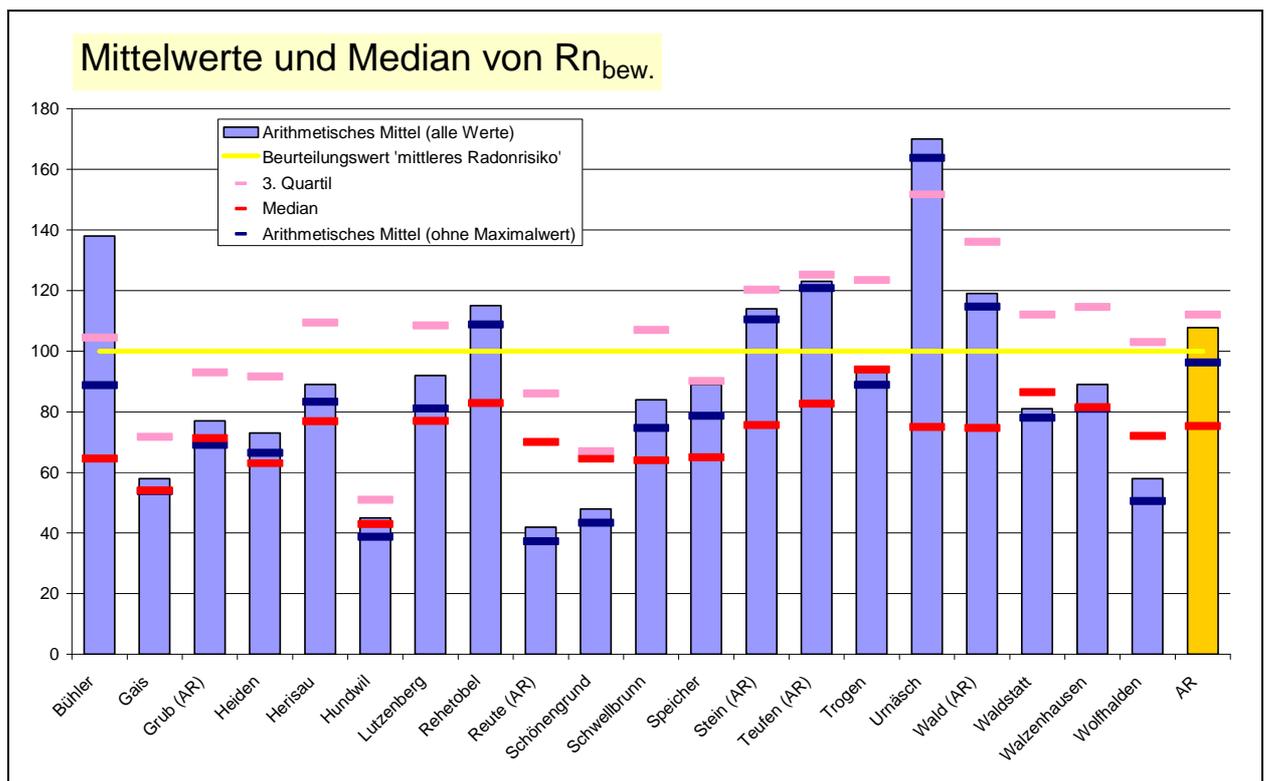


Abb. 4



4.4. Häufigkeiten

Betrachtet man die Verteilung sämtlicher Messresultate, kann festgehalten werden, dass in den weitaus meisten ausgemessenen Gebäuden niedere Radonbelastungen festgestellt wurden. In 528 der insgesamt 611 ausgemessenen Häuser liegt die höchste in einem bewohnten Raum gemessene Radonkonzentration unter 150 Bq/m^3 . Nur gerade 18 Resultate liegen bei Werten über 300 Bq/m^3 . 42 % der Werte liegen im Bereich zwischen 50 und 100 Bq/m^3 . Die aufgrund der bisher vorliegenden Messresultate hergeleitete Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung liegt bei nur 0.7 %, diejenige einer Richtwertüberschreitung bei 1.8 %.

Extrapoliert man diese Werte auf die Gesamtzahl (12'341) bewohnter Gebäude im Kanton Appenzell Ausserrhoden, müsste davon ausgegangen werden, dass mit 81 Grenzwertüberschreitungen zu rechnen wäre. Der Richtwert würde in 222 Häusern überschritten werden. Geht man davon aus, dass die Revision der Strahlenschutzverordnung gemäss dem Vernehmlassungsentwurf in Kraft gesetzt wird, wären alleine im Kanton Appenzell Ausserrhoden 384 Grenzwertüberschreitungen und 3'676 Richtwertüberschreitungen zu erwarten.

Messbereich Bq/m^3	Anzahl Häuser	Anteil Häuser %	Anzahl Häuser hochgerechnet
>50	441	72.2	8907
>100	182	29.8	3676
>200	51	8.3	1030
>300	19	3.1	384
>400	11	1.8	222
>1000	4	0.7	81

Tab. 7: Relative und extrapolierte Häufigkeiten

Bei diesen statistischen Betrachtungen ist jedoch immer zu berücksichtigen, dass bei der Wahl der ausgemessenen Häuser ganz gezielt Objekte gewählt wurden, in welchen auf Grund ihrer Lage und Bauart mit grösserer Wahrscheinlichkeit von einer erhöhten Radonbelastung auszugehen war. Die effektive Wahrscheinlichkeit für Richt- und Grenzwertüberschreitungen dürfte also wesentlich tiefer liegen.

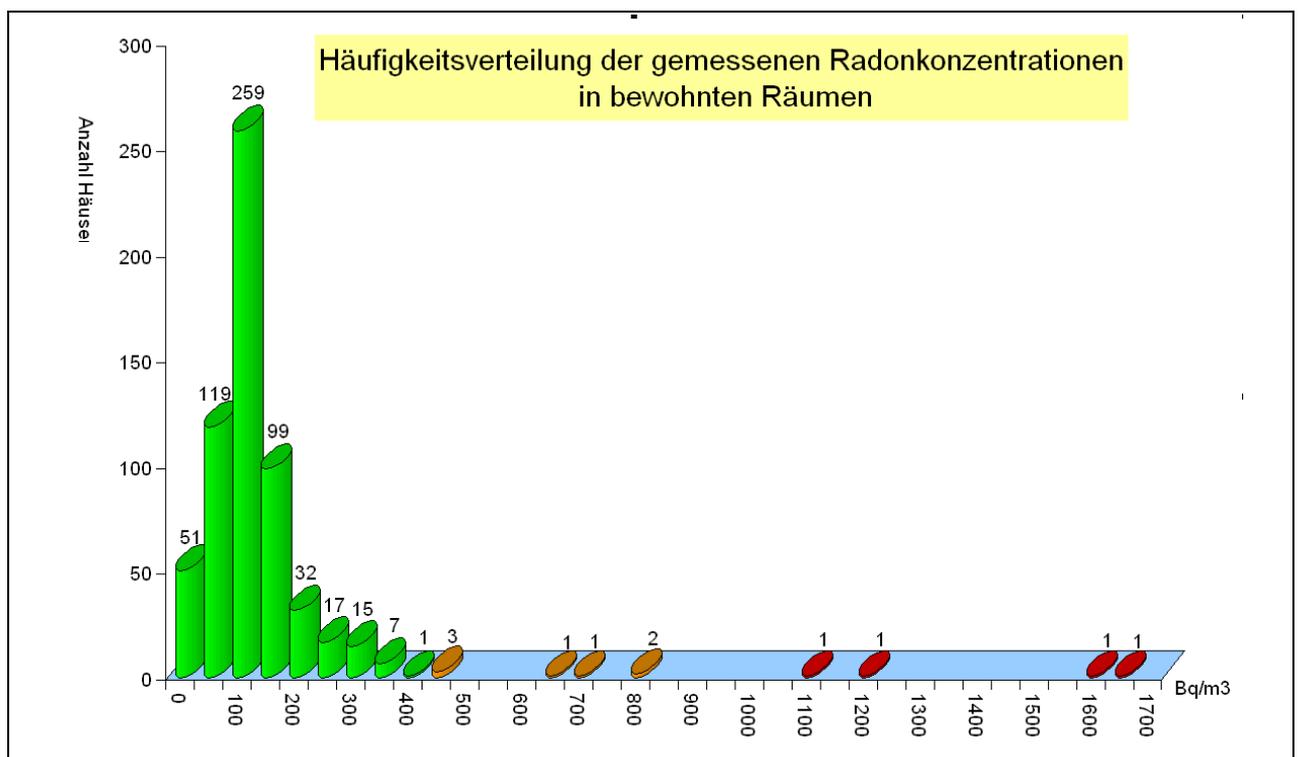


Abb. 5



4.5. Streuung

Wird die Standardabweichung als Mass für die Streuung herangezogen, fällt auf, dass diese über den ganzen Kanton betrachtet höher ist als das arithmetische Mittel. Diese Tatsache macht deutlich, dass der Mittelwert kein geeignetes Mass zur Festlegung des Radonrisikos ist, da dieser durch einzelne Ausreisser zu stark beeinflusst wird. Ursache dafür ist neben anderem sicherlich auch die immer noch relativ geringe Anzahl von Daten, was eine statistische Auswertung erschwert.

Gemeinde	Sta.Abw. (Bq/m ³)	Sta.Abw. %
Bühler	242	175%
Gais	36	62%
Grub (AR)	45	58%
Heiden	48	66%
Herisau	60	68%
Hundwil	38	84%
Lutzenberg	70	76%
Rehetobel	89	77%
Reute (AR)	47	112%
Schönengrund	30	63%

Gemeinde	Sta.Abw. (Bq/m ³)	Sta.Abw. %
Schwellbrunn	60	72%
Speicher	76	85%
Stein (AR)	46	41%
Teufen (AR)	63	51%
Trogen	50	54%
Urnäsch	78	46%
Wald (AR)	78	66%
Waldstatt	43	53%
Walzenhausen	74	83%
Wolfhalden	53	92%
AR	137.1	127%

Tab. 8: Effektive und relative Standardabweichungen

Etwas besser geeignet für die Beurteilung der Streuung und auch der Wahrscheinlichkeit ist die Darstellung der Daten in einem BoxPlot. Es kann ausgesagt werden, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die gemessene Radonkonzentration innerhalb des innerquartilen Bereichs (gelber Kasten) liegt, 1:1 ist. Das heisst konkret, dass über das ganze Kantonsgebiet gesehen mit 50 %-iger Wahrscheinlichkeit die Radonkonzentration in bewohnten Gebäuden zwischen 54 und 112 Bq/m³ liegt. Die Wahrscheinlichkeit, dass der gemessene Wert unterhalb des oberen Whiskers (199 Bq/m³) liegt, beträgt gar 91.7 %.

In fast allen Gemeinden wird die Länge des oberen Whiskers durch das 1.5-fache des innerquartilen Abstandes (IQR) bestimmt und nicht durch den Maximalwert. Ausnahmen sind die Gemeinden Reute, Schönengrund, Trogen und Waldstatt. Es lässt sich also ganz eindeutig aussagen, dass die Wahrscheinlichkeit von Ausreissern hoch ist und somit keine Gewähr besteht, dass in Gemeinden mit tiefem Radonrisiko eine Belastung ausgeschlossen werden kann.

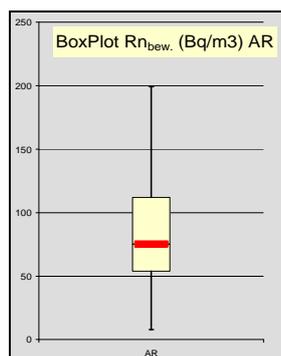


Abb. 6



Die statistische Verteilung der Messresultate in den einzelnen Gemeinden erscheint mehr oder weniger zufällig und lässt nicht auf deutlich unterschiedliche Belastungssituationen schliessen.

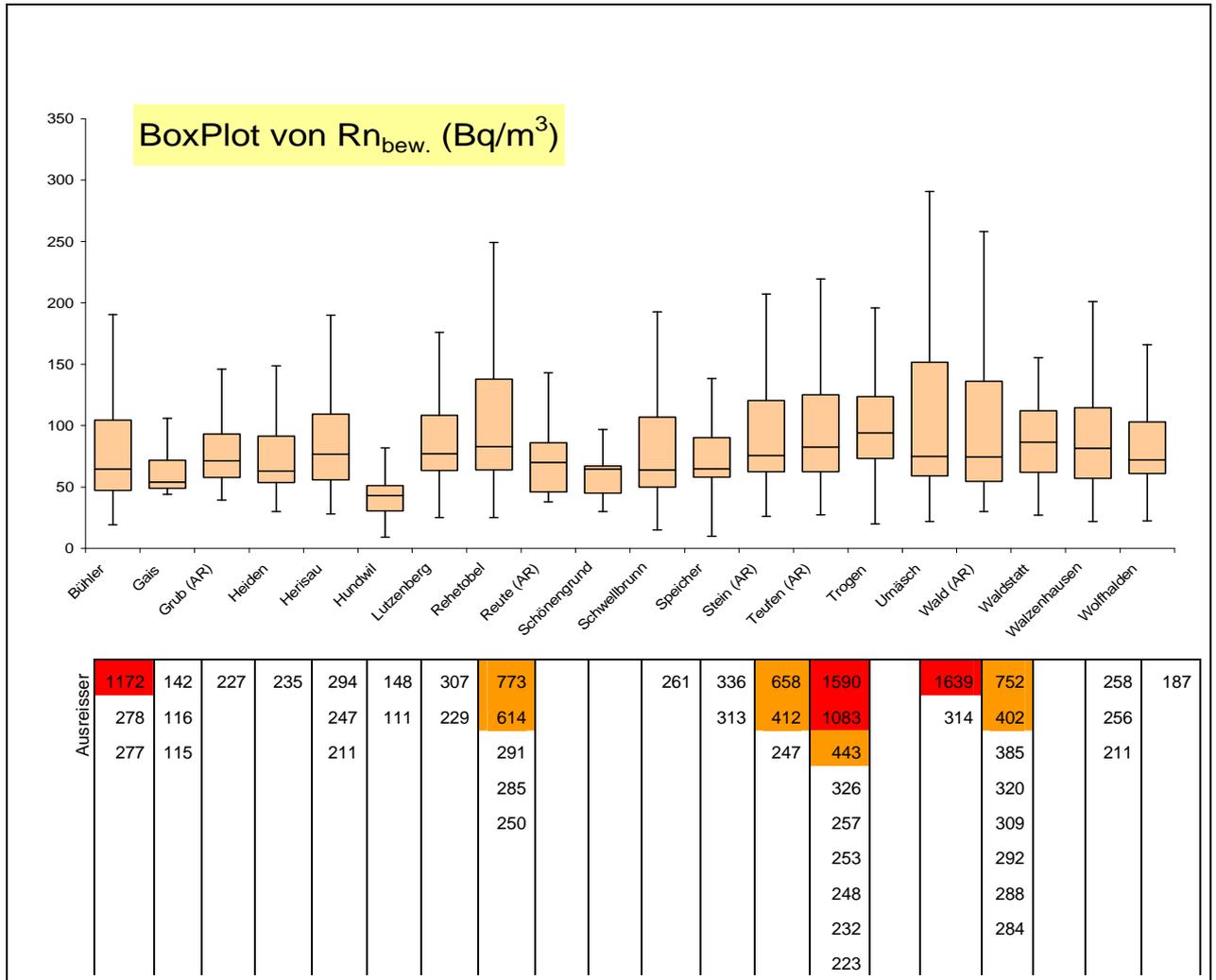


Abb. 7



4.6. Unbewohnte Räume

Nach Möglichkeit wurde in jedem ausgemessenen Haus parallel zur Messung in den bewohnten Räumen eine zusätzliche Messung in dem als Eintrittsort für Radongas am wahrscheinlichsten erscheinenden Raum durchgeführt. Da Radon aus dem Erdreich in Gebäude eindringt, handelte es sich dabei meist um Kellerräume. Zudem wurde explizit darauf geachtet, dass Räumlichkeiten mit möglichst undichten Böden für die Messung ausgewählt wurden. Es wurden daher vorwiegend Keller mit Naturböden bezüglich ihrer Radonbelastung ausgemessen. Diese sind unbeheizt und unbewohnt. Da die Richt- und Grenzwerte aus der Strahlenschutzverordnung nur für bewohnte Räume gelten, ergibt sich aus den gemessenen Radonkonzentrationen in unbewohnten Räumen kein Handlungsbedarf. Jedoch eignen sie sich zur Beurteilung des vorhandenen Risikos besser als die Messwerte in bewohnten Räumen. Dies vor allem auf Grund der Tatsache, dass sie viel weniger von der baulichen Beschaffenheit im Innern der Gebäude abhängig sind.

Es wurden insgesamt 349 Naturkeller ausgemessen. Der höchste gemessene Wert liegt bei 7'911 Bq/m³. Auch die Messungen in Naturkellern weisen eine grosse Streuung auf. Insbesondere gegen oben fallen einige Ausreisser auf. Die wenigen hohen Messresultate lassen das arithmetische Mittel relativ hoch erscheinen. Der Median zeigt jedoch auf, dass die Wahrscheinlichkeit, dass Radon in ein Gebäude eindringt, relativ klein ist. Die wenigen sehr hohen Werte rechtfertigen jedoch den Messaufwand in jedem Falle, da dieser verhältnismässig gering ist.

Würde man lediglich auf Grund der arithmetischen Mittelwerte eine Aussage zum Risiko machen, müsste man zum Schluss kommen, dass dieses insbesondere in Herisau markant höher ist als in den anderen Gemeinden des Kantons Appenzell Ausserrhoden. Betrachtet man jedoch den Median und das 3. Quartil, welches aussagt, unter welchem Wert $\frac{3}{4}$ der Resultate liegen, wird schnell ersichtlich, dass sich das Risiko ziemlich gleichmässig über den Kanton verteilt. Am grössten wäre das Risiko noch in Bühler, Herisau, Urnäsch und Walzenhausen. Dies deckt sich in keiner Weise mit den offiziell ausgeschiedenen Radongebieten (Stein, Teufen, Rehetobel und Wald). Betrachtet man den gesamten Kanton als Gesamtheit, sieht man, dass $\frac{3}{4}$ aller gemessenen Radonkonzentrationen in Naturkellern unter 230 Bq/m³ liegen. Dieser Wert liegt gar deutlich unter dem Richtwert für bewohnte Räume und verdeutlicht nochmals, dass in den allermeisten Gebäuden eine Radonbelastung nicht vorhanden sein kann.

Top Ten	
Gemeinde	Rn (Bq/m ³)
Herisau	7911
Herisau	3536
Rehetobel	2963
Stein (AR)	2698
Teufen (AR)	1376
Stein (AR)	1344
Stein (AR)	1267
Rehetobel	1250
Teufen (AR)	1114

Tab. 8: Die zehn höchsten Messwerte in unbewohnten Räumen



	Anz Häuser	R ₀ Bew.	R _{max} bew.	Stabw	% Stabw	R ₀ ohne R _{max}	Unteres Quartil	Oberes Quartil	Minimalwert	Median	Maximalwert	Innerer Quartilabstand
Bühler	17	267	806	227	85%	233	97	397	64	182	806	300
Gais	20	139	415	92	66%	125	79	148	46	113	415	69
Grub (AR)	11	135	401	107	79%	109	67	163	8	117	401	96
Heiden	14	153	464	111	72%	129	93	172	34	124	464	80
Herisau	21	739	7911	1802	244%	381	78	435	30	160	7911	357
Hundwil	9	221	421	115	52%	196	165	277	37	199	421	112
Lutzenberg	12	164	777	196	120%	108	81	144	55	106	777	64
Rehetobel	43	277	2963	474	171%	213	83	228	37	167	2963	144
Reute (AR)	10	145	288	79	55%	129	78	195	65	117	288	117
Schönengrund	2	159	265	151	95%	52	105	212	52	159	265	107
Schwellbrunn	9	157	391	132	84%	128	55	183	50	112	391	128
Speicher	16	137	501	110	80%	113	77	152	40	108	501	75
Stein (AR)	35	292	2698	514	176%	222	82	171	52	135	2698	89
Teufen (AR)	41	255	1376	284	111%	226	108	281	35	158	1376	173
Trogen	19	202	731	176	87%	173	98	239	48	125	731	141
Urnäsch	11	281	700	213	76%	240	84	421	34	283	700	337
Wald (AR)	27	206	707	190	92%	187	77	237	33	127	707	160
Waldstatt	13	157	327	97	62%	142	92	256	18	152	327	164
Walzenhausen	13	277	1004	268	97%	216	105	419	78	152	1004	314
Wolfhalden	6	209	458	178	85%	159	73	347	55	137	458	275
TOTAL	349	252	7911	137.1	55%	230	81	246	8	139	7911	165

Tab. 9: Übersicht aller Messungen in unbewohnten Räumen

Obwohl die Wahrscheinlichkeit einer Belastung für den Hausbesitzer klein ist, kann es für den einzelnen Betroffenen von Bedeutung sein. Eine flächendeckende Eruiierung der betroffenen Häuser wäre jedoch mit einem riesigen Aufwand verbunden und rechtfertigt sich kaum. Vielmehr sollte es im Interesse des Einzelnen liegen, sich mit einer Messung abzusichern.

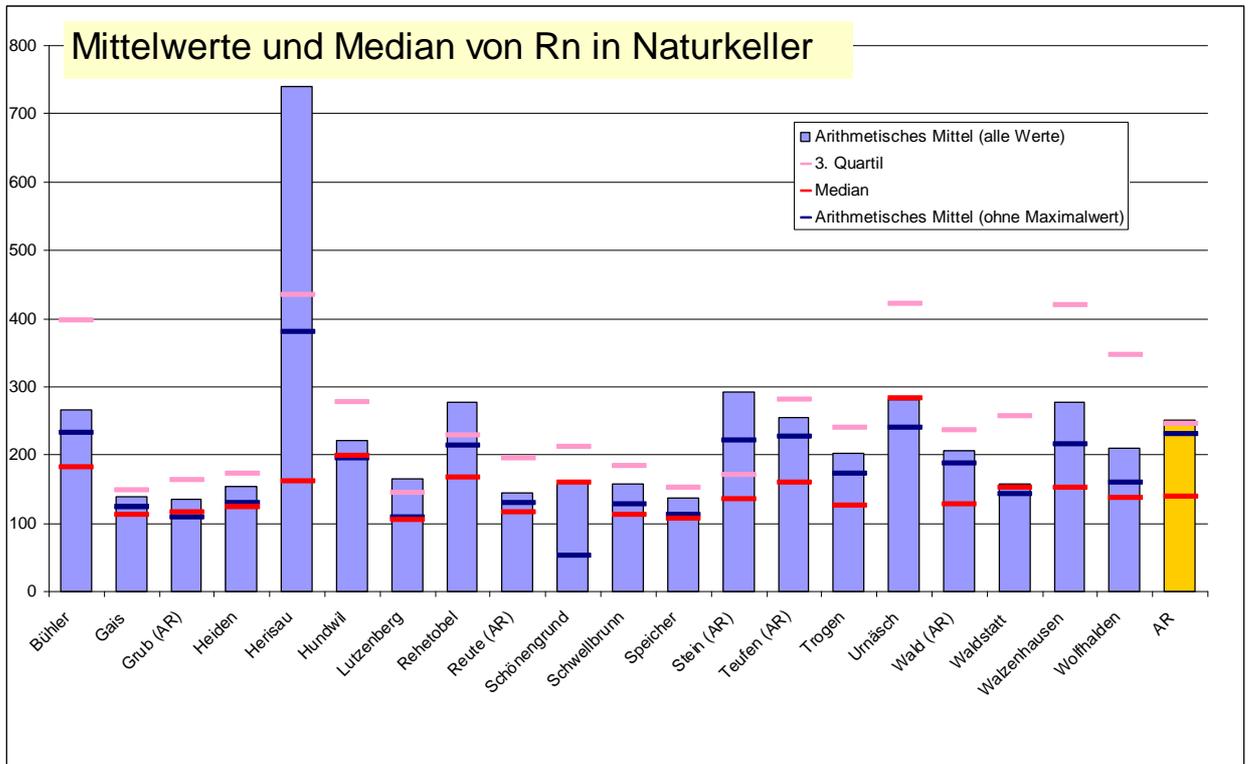


Abb. 8

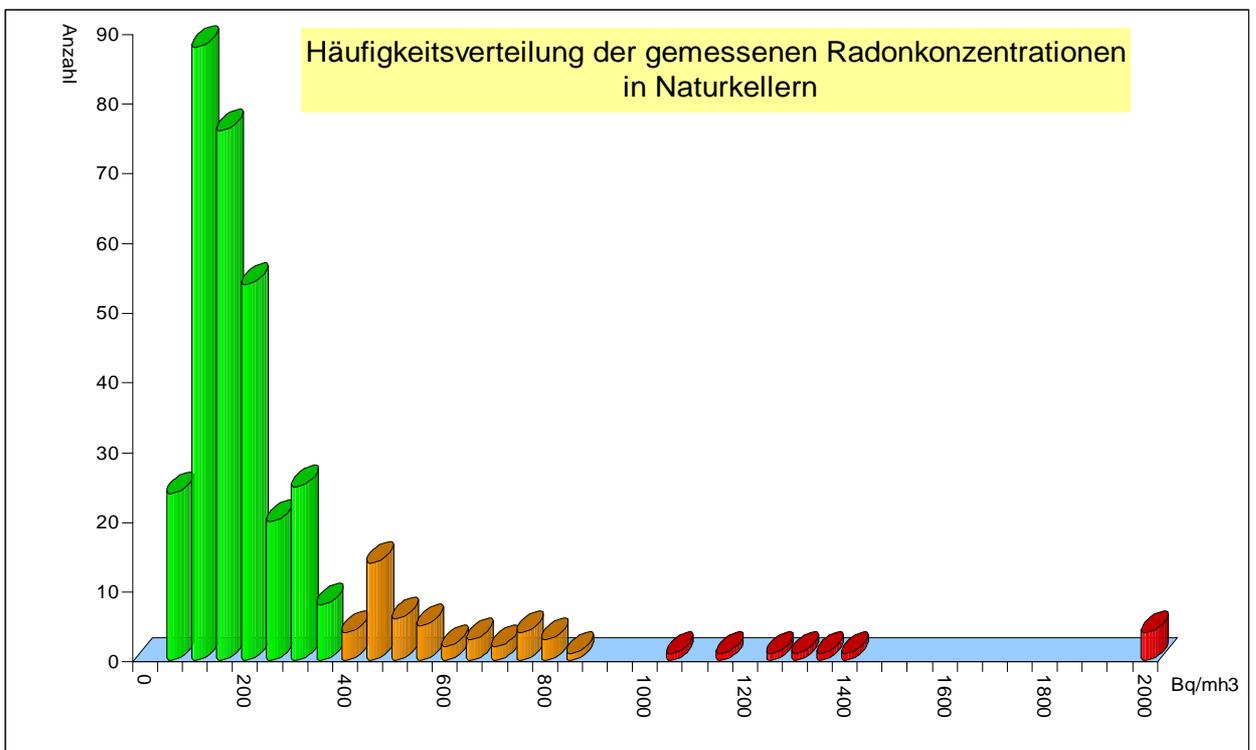
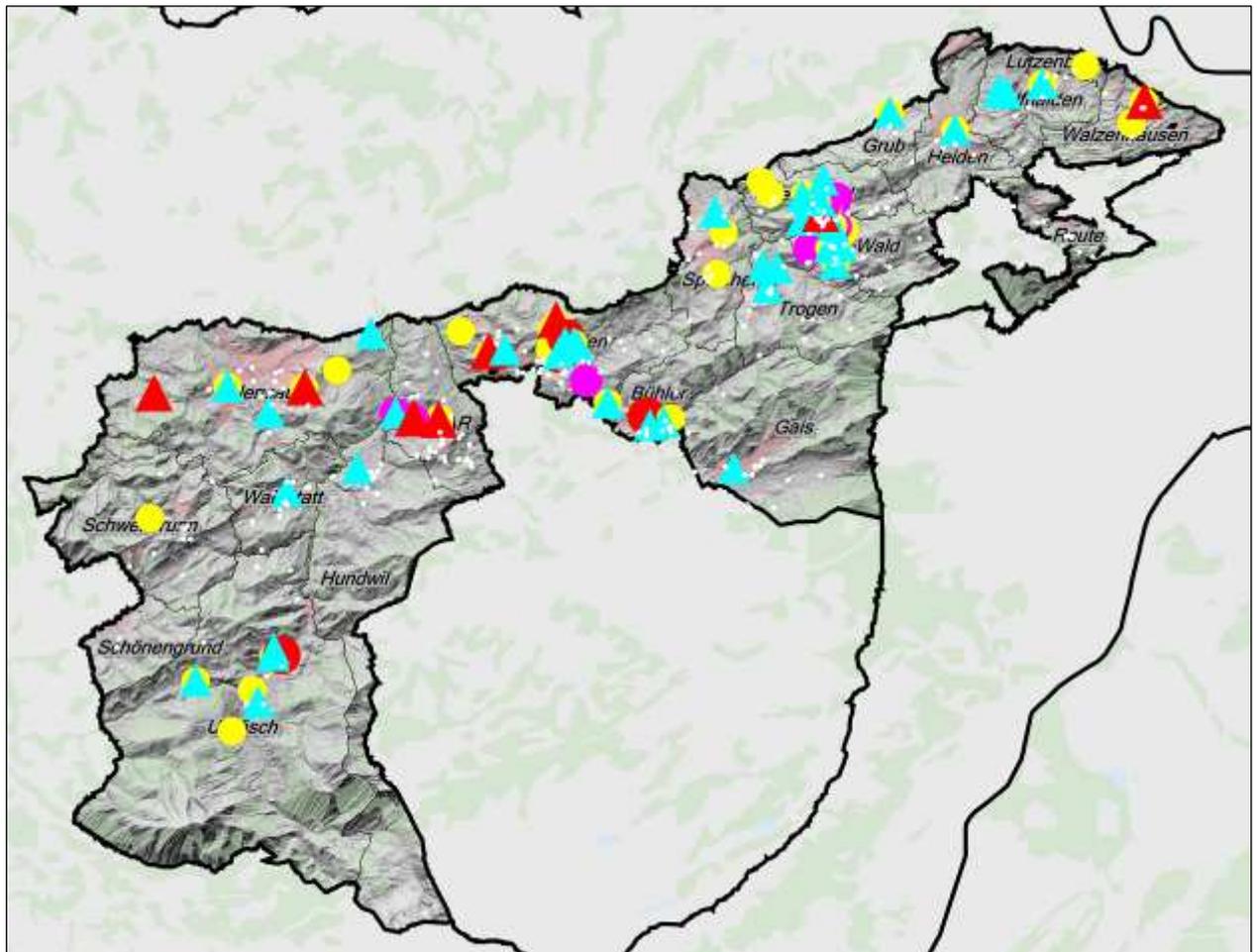


Abb. 9

5. Geografische Verteilung und geologische Zusammenhänge

Die geografische Verteilung der Messpunkte konzentriert sich logischerweise auf die Siedlungsgebiete und verteilt sich ansonsten ziemlich regelmässig über das gesamte Kantonsgebiet. Von Interesse sind vor allem diejenigen Messpunkte, an denen erhöhte Werte gemessen wurden. In den folgenden Darstellungen werden daher lediglich diese Punkte farbige als Symbole dargestellt. Messpunkte, an denen keine relevanten Radonkonzentrationen gemessen wurden, sind lediglich als kleine weisse Punkte dargestellt.



●	Grenzwertüberschreitung > 1000 Bq/m ³ (bewohnter)	▲	Hohe Radonkonzentration > 1000 Bq/m ³ (Naturkeller)
▲	Richtwertüberschreitung > 400 Bq/m ³ (bewohnter)	▲	erhöhte Radonkonzentration > 400 Bq/m ³ (Naturkeller)
●	Leicht erhöhte Radonkonzentration > 200 Bq/m ³ (bewohnter)		

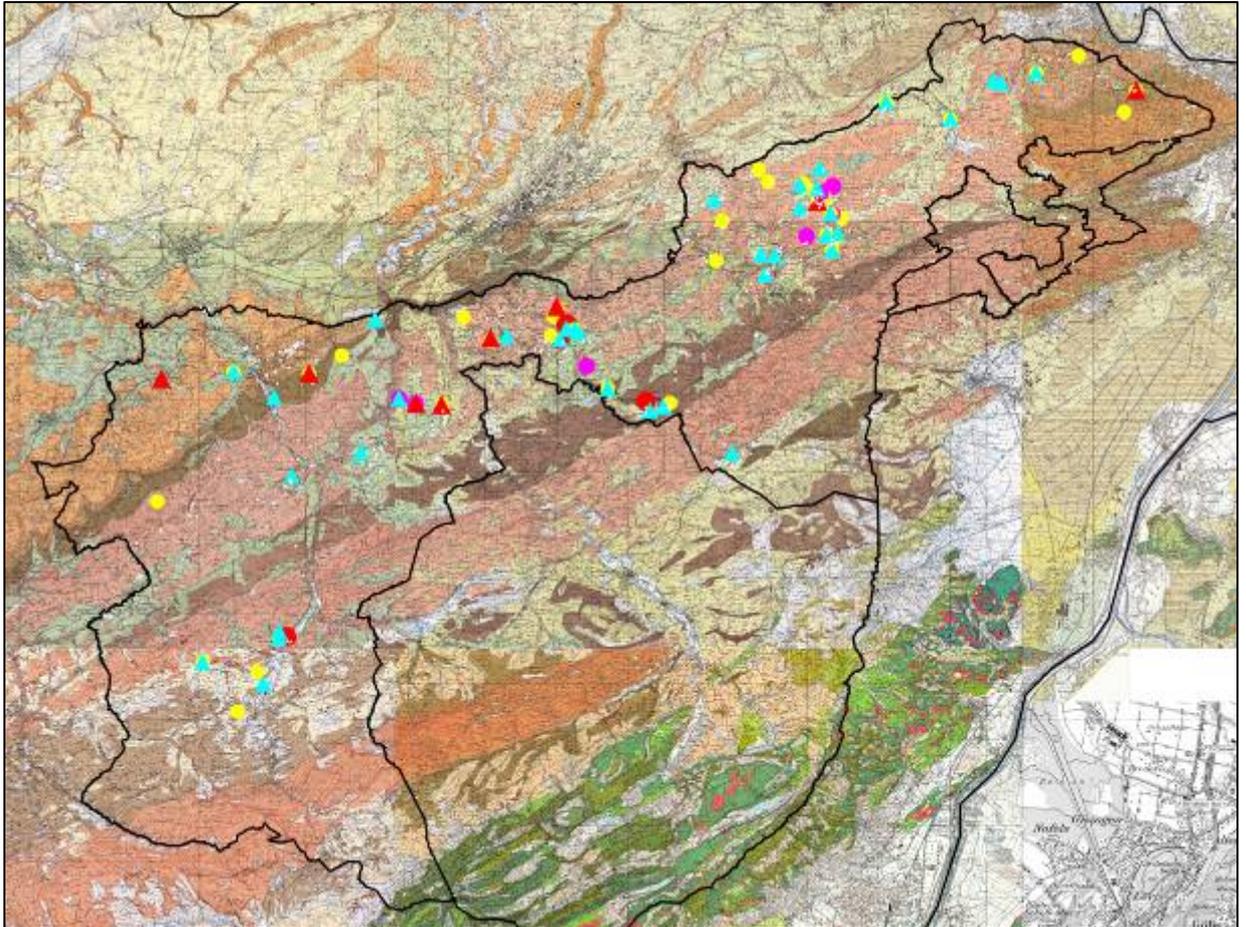


Abb. 10

Ebenso konnte kein Zusammenhang zwischen Radonkonzentration und der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes festgestellt werden.

6. Fazit, Weiteres Vorgehen

Die bisher durchgeführten Messungen haben ergeben, dass das Risiko einer erhöhten Radonkonzentration in bewohnten Räumen im Kanton Appenzell Ausserrhoden als klein bis mittel einzuschätzen ist. In Einzelfällen kann jedoch eine hohe Belastung nicht ausgeschlossen werden. Weiter hat sich gezeigt, dass die Wahrscheinlichkeit einer Radonbelastung über das ganze Kantonsgebiet in etwa gleich zu beurteilen ist. Die Ausscheidung von Radongebieten erscheint eher zufällig und macht daher wenig Sinn. Zusätzliche flächendeckende Messungen zur Evaluation des Risikos sind wenig zweckmässig, da davon ausgegangen werden muss, dass die bisher erlangten Erkenntnisse bestätigt würden. Das in den Auswertungen der Messresultate dargestellte Risiko dürfte in Tat und Wahrheit zudem wesentlich tiefer liegen, da bei der Wahl der ausgemessenen Objekte explizit Gebäude gewählt wurden, in denen auf Grund ihrer Lage und Bauart am ehesten erhöhte Radonkonzentrationen zu erwarten waren.



Trotzdem erscheint die Bestimmung der Radonkonzentration in Einzelfällen sinnvoll, da die bisherigen Messungen zeigen, dass eine hohe Radonbelastung nicht ausgeschlossen werden kann. Die Wahl der auszumessenden Gebäude sollte sich jedoch nicht nach Gebieten richten, sondern viel mehr nach Bauart der Gebäude und sollte im Interesse der Hausbesitzer oder Bewohner liegen. Auf gross angelegte, vom Kanton organisierte Messkampagnen kann demzufolge verzichtet werden. Viel wichtiger erscheint eine gute Information der Bevölkerung.